

ВЕСЦІ НАЦЫЯНАЛЬнай АКАДЭМІІ НАВУК БЕЛАРУСІ

СЕРИЯ АГРАРНЫХ НАВУК. 2025. Т. 63, № 4

ИЗВЕСТИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ

СЕРИЯ АГРАРНЫХ НАУК. 2025. Т. 63, № 4

Журнал основан в январе 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 – академик 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)

Е. Ф. Борисова (ведущий редактор)

Д. М. Богданович – Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству,
Жодино, Беларусь

С. А. Касьянчик – Отделение аграрных наук Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь

Д. И. Комлач – Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства, Минск, Беларусь

С. А. Кондратенко – Институт системных исследований в АПК Национальной академии наук Беларуси,
Минск, Беларусь

С. В. Кравцов – Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию,
Жодино, 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

В. Л. Маханько – Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству
и плодоовощеводству, Самохваловичи, Беларусь

- А. В. Мелешня** – Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию, Минск, Беларусь
В. К. Пестис – Гродненский государственный аграрный университет, Гродно, Беларусь
А. В. Пилипук – Институт системных исследований в АПК Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь
П. В. Расторгуев – Институт системных исследований в АПК Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь
В. Н. Тимошенко – Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству, Жодино, Беларусь
Ю. К. Шашко – Институт почвоведения и агрохимии, Национальная академия наук Беларуси, Минск, Беларусь

Редакционный совет:

- И. М. Богдевич** – Институт почвоведения и агрохимии, Национальная академия наук Беларуси, Минск, Беларусь
Ф. И. Василевич – Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина, Москва, Россия
Д. Врона – Варшавский университет естественных наук, Варшава, Польша
Г. В. Гавардашвили – Институт водного хозяйства им. Ц. Е. Мирцхулава Грузинского технического университета, Тбилиси, Грузия
В. И. Долженко – Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Пушкин, Россия
В. М. Косолапов – Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса, Лобня, Россия
Я. П. Лобачевский – Отделение сельскохозяйственных наук Российской академии наук, Москва, Россия
А. Б. Лисицын – Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, Москва, Россия
А. Б. Молдашев – Казахский научно-исследовательский институт экономики агропромышленного комплекса и развития сельских территорий, Алматы, Казахстан
А. Т. Мысик – журнал «Зоотехния», Москва, Россия
Б. А. Ривжа – Латвийская академия сельскохозяйственных и лесных наук, Рига, Латвия
В. Романюк – Институт технологических и естественных наук, Фаленты, Польша
Е. Н. Седов – Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, Жилина, Россия
В. Станис – Литовский научно-исследовательский центр сельского и лесного хозяйства, Кедайняйский район, Литва
Н. И. Стрекозов – Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста, Дубровицы, Россия
У Син Хун – Академия сельскохозяйственных наук провинции Цзилинь, Чанчун, Китай
И. Г. Ушачев – Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий – Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства, Москва, Россия
И. П. Шейко – Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству, Жодино, 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. 118, 220072, г. Минск, Республика Беларусь.
Тел.: +375 17 374-02-45; e-mail: agro-vesti@mail.ru
vestiagr.belnauka.by*

ИЗВЕСТИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ.

Серия аграрных наук. 2025. Т. 63, № 4

Выходит на русском, белорусском и английском языках

Редактор *Е. Ф. Борисова*
Компьютерная верстка *М. Э. Юрени*

Подписано в печать 17.10.2025. Выход в свет 28.10.2025. Формат 60×84¹/₈. Бумага офсетная.
Печать цифровая. Усл. печ. л. 10,23. Уч.-изд. л. 11,3. Тираж 54 экз. Заказ 208.
Цена номера: индивидуальная подписка – 15,16 руб., ведомственная подписка – 34,53 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, 220084, г. Минск, Республика Беларусь

© РУП «Издательский дом «Беларуская навука».
Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук, 2025

PROCEEDINGS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS

AGRARIAN SERIES, 2025, vol. 63, no. 4

The Journal was founded in 1963

Issued four times a year

Founded in the National Academy of Sciences of Belarus

The Journal was 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

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 the Russian Scientific Citation Index (RSCI)

Editor-in-Chief

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

Editorial Board:

Petr P. Kazakevich – Presidium of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus (*Deputy Editor-in-Chief*)

Vladimir V. Azarenko – Department of Agrarian Sciences of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus (*Deputy Editor-in-Chief*)

Elena F. Borisova (*Lead Editor*)

Dmitry M. Bogdanovich – Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Breeding, Zhodino, Belarus

Svetlana A. Kasyanchyk – Department of Agrarian Sciences of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Dmitry I. Komlach – Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agriculture Mechanization, Minsk, Belarus

Svetlana A. Kondratenko – Institute of System Researches in the Agro-Industrial Complex of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Siarhei U. Krautsou – Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Arable Farming, Zhodino, Belarus

Anatol P. Likhatchevich – Institute for Land Reclamation, National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Zenon V. Lovkis – Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Foodstuff, Minsk, Belarus

Vadim L. Makhanko – Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Potato, Fruit and Vegetable Growing, Samokhvalovich, Belarus

Aleksey V. Meleshchenya – Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Foodstuff, Minsk, Belarus

Vitold K. Pestis – Grodno State Agrarian University, Grodno, Belarus

Andrey V. Pilipuk – Institute of System Researches in the Agro-Industrial Complex of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Petr V. Rastorgouev – Institute of System Researches in the Agro-Industrial Complex of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Vladimir N. Timoshenko – Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus
for Animal Breeding, Zhodino, Belarus
Yury K. Shashko – Institute of Soil Science and Agrochemistry, National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

E d i t o r i a l C o u n c i l:

Iosif M. Bogdevich – Institute of Soil Science and Agrochemistry, National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Belarus
Fedor I. Vasilevich – Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA by K. I. Skryabin,
Moscow, Russia
Dariusz Wrona – Warsaw University of Life Sciences, Warsaw, Poland
Givi V. Gavardashvili – Institute of Water Management named after T. Mirtskhulava of the Georgian Technical University,
Tbilisi, Georgia
Victor I. Dolzhenko – All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Pushkin, Russia
Vladimir M. Kosolapov – Federal Williams Research Centre of Forage Production and Agroecology, Lobnya, Russia
Yakov P. Lobachevsky – Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
Andrey B. Lisitsyn – V. M. Gorbato Federal Research Center for Food Systems of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia
Altynbek B. Moldashev – Kazakh Research Institute of Economy of Agro-Industrial Complex and Rural Development,
Almaty, Kazakhstan
Andrey T. Mysik – Journal “Zootechniya”, Moscow, Russia
Baiba A. Rivža – Latvian Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Riga, Latvia
Waclaw Romaniuk – Institute of Technology and Life Sciences, Falenty, Poland
Eygeny N. Sedov – All-Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, Zhilina, Russia
Vidmantas Stanys – Lithuanian Research Center for Agriculture and Forestry, Kėdainiai District, Lithuania
Nikolay I. Strekozov – Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L. K. Ernst,
Dubrovitsy, Russia
Wu Xing-Hong – Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun, China
Ivan G. Ushachev – Federal Research Center of Agrarian Economy and Social Development of Rural Areas –
All-Russian Research Institute of Agricultural Economics, Moscow, Russia
Ivan P. Sheyko – Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Breeding,
Zhodino, 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 118, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus.
Tel.: + 375 17 374-02-45; e-mail: agro-vesti@mail.ru.
vestiagr.belnauka.by*

PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS.

Agrarian series, 2025, vol. 63, no. 4

Printed in Russian, Belarusian and English

Editor *E. F. Borisova*
Computer imposition *M. E. Yurenia*

It is sent of the press 17.10.2025. Appearance 28.10.2025. Format 60×84 ¹/₈. Offset paper. The press digital.

Printed pages 10,23. Publisher's signatures 11,3. Circulation 54 copies. Order 208.

Number price: individual subscription – 15,16 byn., departmental subscription – 34,53 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. Skorina St., 220084, Minsk,
Republic of Belarus

© RUE “Publishing House “Belaruskaya Navuka”,
Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series, 2025

ISSN 1817-7204 (Print)

ISSN 1817-7239 (Online)

ЗМЕСТ**ЭКАНОМІКА**

Расторгуев П. В., Почтовая И. Г. Концептуальные подходы стратегического развития управления качеством агропродовольственной продукции в Республике Беларусь	271
Воробьев С. П., Воробьева В. В. Основные тенденции производства растительного масла в России и азиатский вектор его экспорта	284

ЗЕМЛЯРОБСТВА І РАСЛІНАВОДСТВА

Богдан В. З., Богдан Т. М., Литарная М. А., Иванов С. А. Новый метод оценки селекционного материала льна-долгунца	298
Романовский С. И., Войтка Д. В. Идентификация и видовое разнообразие представителей семейства Thripidae в посадках овощных культур в Республике Беларусь.....	305
Золотарев В. Н., Козлова Т. В. Методы исследования посевных качеств и динамики прорастания семян люцерны	315

ЖЫВЁЛАГАДОЎЛЯ І ВЕТЭРЫНАРНАЯ МЕДЫЦЫНА

Портной А. И., Шейко И. П., Тимошенко В. Н., Журина Н. В., Ганджа А. И., Песоцкий Н. И., Песоцкий Е. Н. Породные особенности и генетические маркеры, определяющие сохранность молочного скота	326
--	-----

МЕХАΝІЗАЦЫЯ І ЭНЕРГЕТЫКА

Жилич Е. Л., Китиков В. О., Рогальская Ю. Н. Формирование базовых условий для разработки и эффективного использования роботизированных средств в промышленных технологиях доения коров....	333
---	-----

ПЕРАПРАЦОЎКА І ЗАХАВАННЕ СЕЛЬСКАГАСПАДАРЧАЙ ПРАДУКЦЫІ

Почицкая И. М., Журня А. А., Окулова Т. В., Черняк С. В. Перспективы использования рапсового масла и масложировых продуктов на его основе в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний у лиц с избыточной массой тела.....	343
---	-----

ISSN 1817-7204 (Print)

ISSN 1817-7239 (Online)

CONTENTS**ECONOMICS**

Rastorgouev P. V., Pochtovaya I. G. Conceptual approaches for strategic development of quality management of agri-food products in the Republic of Belarus	271
Vorobyov S. P., Vorobyova V. V. Main trends in the production of vegetable oil in Russia and the Asian vector of its exports	284

AGRICULTURE AND PLANT CULTIVATION

Bogdan V. Z., Bogdan T. M., Litarnaya M. A., Ivanov S. A. A new method for evaluating fibre flax breeding material.....	298
Romanovskiy S. I., Voitka D. V. Identification and species diversity of Thripidae family in vegetable plantings in the Republic of Belarus	305
Zolotarev V. N., Kozlova T. V. Methods of studying sowing qualities and germination dynamics of alfalfa seeds.....	315

ANIMAL HUSBANDRY AND VETERINARY MEDICINE

Partny A. I., Sheiko I. P., Timoshenko V. N., Zhurina N. V., Gandzha A. I., Pyasotski N. I., Pyasotski Ya. N. Breed characteristics and genetic markers determining the survival rate of dairy cattle	326
--	-----

MECHANIZATION AND POWER ENGINEERING

Zhilich E. L., Kitikov V. O., Rogalskaya Yu. N. Formation of basic conditions for the development and effective use of robotized means in industrial technology of cow milking.....	333
--	-----

PROCESSING AND STORAGE OF AGRICULTURAL PRODUCTS

Pochitskaya I. M., Zhurnia H. A., Akulava T. V., Charnyak S. V. Prospects for the use of rapeseed oil and its derived fat products in the prevention of cardiovascular diseases in overweighted individuals	343
--	-----

ISSN 1817-7204 (Print)

ISSN 1817-7239 (Online)

ЭКОНОМИКА**ECONOMICS**

УДК 63-021.66:005.6 (476)

<https://doi.org/10.29235/1817-7204-2025-63-4-271-283>

Поступила в редакцию 02.07.2025

Received 02.07.2025

П. В. Расторгуев, И. Г. Почтовая*Институт системных исследований в АПК Национальной академии наук Беларуси,
Минск, Республика Беларусь***КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ
СТРАТЕГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ
АГРОПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

Аннотация. Современная тенденция повышения значимости качества и безопасности агропродовольственной продукции в формировании ее конкурентных преимуществ, динамичность, а также специфика проблемы их обеспечения, заключающаяся в многоуровневости, комплексном и системном характере, обуславливают актуальность разработки документа, предусматривающего системное планирование деятельности в области совершенствования механизма обеспечения качества агропродовольственной продукции и отражающего комплекс приоритетных мер и направлений его развития. С учетом этого на основе проведенных исследований в качестве одного из эффективных способов реализации сквозного подхода к решению обозначенной задачи предложено формирование отраслевой стратегии управления качеством агропродовольственной продукции. В данном контексте обоснованы алгоритм разработки стратегии, ее структура, включая этапность процессов и вариантность формирования комплекса мер. Предложены подходы стратегического развития управления качеством, которые должны быть в основе соответствующего концептуального документа в области актуализации отечественной системы регулирования и обеспечения качества продукции аграрной отрасли, а также комплекса основополагающих мер в рамках его реализации и развития институционального обеспечения, инфраструктуры в данной области. Основная цель стратегии заключается в совершенствовании действующего инструментария, повышении результативности его использования, а также отраслевой методологии менеджмента качества. Практическая реализация полученных результатов направлена на обеспечение конкурентных преимуществ отечественной агропродовольственной продукции по качественным параметрам, увеличение объемов реализации и повышение эффективности АПК Республики Беларусь.

Ключевые слова: качество, конкурентоспособность, агропродовольственная продукция, стратегия, управление качеством, оценка соответствия, контроль, информационное обеспечение, мониторинг, кадровое и нормативное обеспечение

Для цитирования: Расторгуев, П. В. Концептуальные подходы стратегического развития управления качеством агропродовольственной продукции в Республике Беларусь / П. В. Расторгуев, И. Г. Почтовая // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2025. – Т. 63, № 4. – С. 271–283. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2025-63-4-271-283>

Petr V. Rastorgouev, Irina G. Pochtovaya*Institute of System Researches in the Agri-Industrial Complex of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Republic of Belarus***CONCEPTUAL APPROACHES FOR STRATEGIC DEVELOPMENT OF QUALITY
MANAGEMENT OF AGRI-FOOD PRODUCTS IN THE REPUBLIC OF BELARUS**

Abstract. Increasing the importance of quality and safety of agri-food products in the formation of their competitive advantages is a modern trend. This problem is dynamic and has a multi-level, complex and systemic nature. This determines the relevance of developing a document that should contain directions for improving the agri-food products quality ensuring mechanism, as well as a set of priority measures for their implementation. Formation of an industry strategy for the agri-food products quality managing is proposed in the paper as one of the effective ways to implement a cross-cutting approach to solving the above-mentioned problem. The algorithm for developing the strategy, its structure and options for forming a set of measures are justified. Approaches to strategic development of quality management are proposed. That should be the basis of the corresponding conceptual document and a set of fundamental measures within the framework of its implementation, as

well as institutional support and infrastructure in this sphere. Improvement of the available tools, increasing the effectiveness of its use, improving the branch industry methodology of quality management are the goals of the strategy. Ensuring competitive advantages of domestic agri-food products according to quality parameters, increasing sales volumes and improving the efficiency of the agro-industrial complex of the Republic of Belarus will be the result of the proposed strategy implementation.

Keywords: quality, competitiveness, strategy, agri-food products, strategy, quality management, conformity assessment, control, information support, monitoring, staff and regulatory support

For citation: Rastorgouev P. V., Pochtovaya I. G. Conceptual approaches for strategic development of quality management of agri-food products in the Republic of Belarus. *Vestsi Natsyonal'nei akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk* = *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2025, vol. 63, no. 4, pp. 271–283 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2025-63-4-271-283>

Введение. Обеспечение высокой эффективности АПК предполагает устойчивое производство качественной продукции, безопасной для жизни и здоровья людей. С целью решения данной задачи в последние годы в республике получили развитие и совершенствуются многие элементы системы управления качеством продукции, в том числе с учетом региональной интеграции на постсоветском пространстве. Это, прежде всего, нормативно-правовая база, система оценки соответствия продукции, информационного обеспечения субъектов хозяйствования. Созданы базы данных и обеспечен онлайн-доступ к правовым, техническим нормативным правовым актам, развивается механизм прослеживаемости продукции [1–10].

В то же время следует отметить недостаточно развитый уровень мониторинга качества и безопасности продукции, нормативного регулирования процессов производства сельскохозяйственной продукции и системы его правового обеспечения, информирования потребителей, системного управления качеством, применения эффективных техник качества. Несбалансированность развития элементов системы управления качеством агропродовольственной продукции сдерживает темпы роста ее конкурентных преимуществ на рынке, не позволяет в полной мере реализовать значительный потенциал национального АПК в данной области.

В стране разработан и реализуется целый ряд программно-целевых документов республиканского уровня в области обеспечения и повышения качества и безопасности отечественной продукции, включая такие, как Программа «Качество 2021–2025»¹, Стратегия развития стандартизации Республики Беларусь на период до 2030 года², План государственной стандартизации Республики Беларусь на 2025 год³, Перспективный план на 2023–2030 годы по разработке государственных и межгосударственных стандартов для реализации Целей устойчивого развития⁴, Программа разработки государственных стандартов в области цифровой экономики⁵ (до 2025 г.) и др. В реализации перечисленных документов задействован ряд органов государственного управления и организаций.

Таким образом, если говорить о задачах обеспечения качества на республиканском уровне, то в стране сформирован комплекс основополагающих целевых программных документов. В то же время эффективная реализация уже намеченных мер одним из вариантов предусматривает разработку документов стратегического характера в разрезе отдельных отраслей экономики [1, 6, 11]. Так, в целях сбалансированного совершенствования действующего инструментария, повышения результативности его использования, а также совершенствования методологии менеджмента качества агропродовольственной продукции, целесообразна разработка отраслевой стратегии управления качеством как основополагающего концептуального документа в области развития

¹ Программа «Качество 2021–2025» // Госстандарт. URL: <https://gosstandart.gov.by/quality-2021-2025-program> (дата обращения: 20.06.2025).

² Стратегия развития стандартизации Республики Беларусь на период до 2030 года // Госстандарт. URL: <https://gosstandart.gov.by/assets/files/Standardization/Стратегия развития стандартизации РБ на период до 2030 года.pdf> (дата обращения: 20.06.2025).

³ План государственной стандартизации Республики Беларусь на 2025 год // Госстандарт. URL: https://gosstandart.gov.by/assets/files/ПГС 2025_утв. на сайт-PdFA.pdf (дата обращения: 20.06.2025).

⁴ Перспективный план на 2023–2030 годы по разработке государственных и межгосударственных стандартов для реализации Целей устойчивого развития // Госстандарт. URL: <https://gosstandart.gov.by/assets/files/Standardization/План ЦУР.pdf> (дата обращения: 20.06.2025).

⁵ Программа разработки государственных стандартов в области цифровой экономики // Госстандарт. URL: https://gosstandart.gov.by/assets/files/Standardization/Программа разработки_цифровая экономика.pdf (дата обращения: 20.06.2025).

отечественной системы регулирования и обеспечения качества сельскохозяйственной продукции и готового продовольствия.

Стратегическое развитие управления качеством отечественной агропродовольственной продукции. При выборе формы соответствующего документа необходимо учитывать, что комплексы мер по обеспечению качества, которые реализуются на уровне отдельных субъектов хозяйствования, направлены прежде всего на оптимизацию организации производственной деятельности и контроля за соблюдением технологий, выстраивание взаимоотношений с поставщиками (покупателями), стимулирование качества труда и продукции, повышение квалификации сотрудников. В то же время основные резервы создания эффективной стратегии управления качеством продукции аккумулируются на государственном уровне, роль которого заключается в формировании как в целом политики в области регулирования качества, так и на уровне ведомств, субъектов хозяйствования.

Это предопределяет, с одной стороны, необходимость комплексного подхода с учетом разноплановости задач обеспечения качества на различных уровнях его регулирования, а с другой – учет эффекта сквозного воздействия ряда регулирующих мер в условиях многоуровневости системы управления качеством. Наряду с этим, межведомственный характер проблемы обуславливает целесообразность отражения планируемых мер в рамках компетенций всех вовлеченных органов государственного управления. При этом, как показал анализ, при разработке соответствующего руководящего документа должны быть учтены следующие принципы:

- обоснованности – положения документа должны опираться на результаты всестороннего анализа текущей ситуации, выявленные проблемы, недостатки и резервы повышения качества продукции;
- обусловленности – рекомендации должны быть основаны на учете существующих тенденций и факторов в области формирования и развития регионального и внешнего рынков агропродовольственных товаров;
- перспективности – разработка направлений реализации элементов развития должна учитывать не только текущие, но и стратегические цели в области обеспечения конкурентных преимуществ отечественной агропродовольственной продукции.

Наиболее оптимальной формой документа, аккумулирующего перспективные направления опережающего развития управления качеством отечественной агропродовольственной продукции, является стратегия. В ходе исследований была определена ее принципиальная архитектура (рис. 1) и основополагающие, концептуальные подходы к формированию базовых структурных элементов, которые изложены ниже.

Общие положения стратегии. В современных условиях обеспечение высокого уровня конкурентоспособности и формирование экспортного потенциала отечественных агропродовольственных товаров, равно как и решение задач продовольственной безопасности страны и полноценного питания населения, являются одними из приоритетных задач развития АПК. В данном контексте ключевым направлением выступает наращивание потенциала в области качества готового продовольствия и сельскохозяйственного сырья для его производства. Качество и безопасность отечественной агропродовольственной продукции имеет устойчивую тенденцию к улучшению, при этом доминирующим фактором такого тренда является последовательная государственная политика в данной области регулирования [2, 5, 6, 12, 13].

В то же время сохранение достигнутой позитивной динамики, а также многоаспектность проблемы обеспечения качества и безопасности, обусловленная формированием свойств продукции на протяжении всей агропродовольственной цепи, предполагают необходимость комплексного подхода к решению поставленной задачи, учитывающего все ключевые качествообразующие элементы управления данным процессом. Так, одним из решающих факторов производства агропродовольственной продукции, соответствующей установленным требованиям к качеству и безопасности, является *соблюдение технологической дисциплины*. Успешная реализация возможностей, предоставляемых наукой в области современных инновационных технологий, включая цифровые, главным образом зависит от человеческого фактора, профессиональной подготовленности работников.

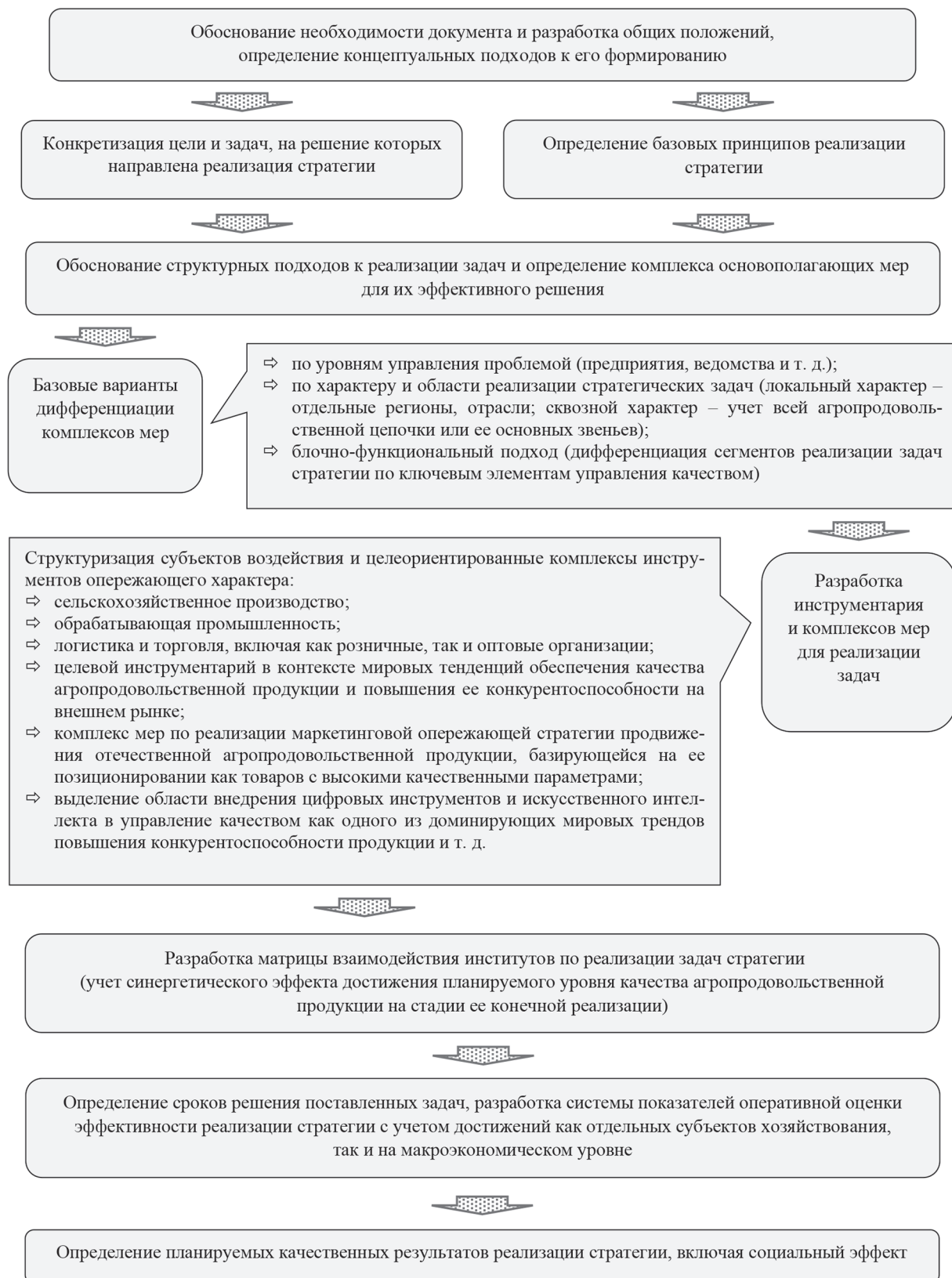


Рис. 1. Алгоритм разработки и концептуальные основы формирования стратегии развития управления качеством агропродовольственной продукции

Fig. 1. Algorithm and conceptual bases for the formation of a strategy for the development of quality management of agri-food products

В данном контексте в настоящее время важное значение имеет подготовка и уровень *квалификации персонала*. Отсутствие соответствующих профессиональных навыков и мотивации к добро-совестному исполнению своих обязанностей приводит к нарушениям технологического процесса, что негативно отражается на качественных характеристиках продукции.

Существенным резервом повышения достоверности результатов и эффективности деятельности в области оценки соответствия продукции установленным обязательным и заявленным производителями требованиям является развитие *аналитической базы отечественных контрольно-испытательных лабораторий*.

Неотъемлемым условием формирования комплексной и объективной системы оценки эффективности управления качеством выступает проведение *мониторинга качества и безопасности агропродовольственной продукции*. Решение данной задачи в республике носит, как правило, ведомственный характер в рамках компетенций и функций соответствующих органов управления. С целью повышения достоверности и соблюдения принципа комплексности при ее решении в целом в республике, целесообразно усиление взаимодействия соответствующих компетентных органов государственного управления в части формирования централизованных информационных баз данных о результатах государственного контроля и санитарного надзора в области качества и безопасности пищевой продукции. Данное направление актуально и в части проведения мониторинга качества сельскохозяйственной продукции в целях периодического анализа, оценки и принятия соответствующих решений.

Широкое применение в отечественной практике предприятий АПК получили *системы менеджмента качества и безопасности* продукции как международно признанный способ повышения конкурентоспособности и обеспечения производства продукции, отвечающей заданным требованиям. В то же время такие системы внедряются преимущественно на предприятиях обрабатывающей промышленности, недостаточно применяясь в первоначальном звене производства, что значительно снижает эффективность как в целом управления качеством, так и использования потенциала системного подхода к решению данной задачи.

Важным элементом, получившим развитие в стране, в том числе и в АПК, являются *конкурсы в области качества*. При этом отсутствует практика конкурсного подхода к стимулированию качества на уровне сельскохозяйственных товаропроизводителей.

Существенным резервом повышения уровня культуры производства, соблюдения технологической дисциплины, эффективности производственных процессов в целом является развитие практики применения *техник качества* с учетом отраслевых особенностей предприятий, что требует формирования соответствующей базы методологических решений и консалтинговых услуг.

Вышеперечисленные и другие направления совершенствования отечественной системы управления качеством в АПК определяют векторность соответствующей стратегии развития и практические меры по ее реализации¹ [3, 5, 6, 12, 14–17].

Цель, задачи и принципы реализации стратегии. Главной *целью стратегии* является формирование и реализация единой отраслевой политики регулирования и обеспечения устойчивости качественных характеристик агропродовольственной продукции на основе комплексного подхода к решению проблемы.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

- формирование и реализация конкурентных преимуществ отечественной продукции на внутреннем и внешнем рынках, основанных на высоком качестве и гарантированном обеспечении безопасности;
- соблюдение установленных и перспективных требований к качеству и безопасности продукции и производственным процессам;
- повышение уровня обеспеченности перерабатывающих предприятий высококачественным отечественным сельскохозяйственным сырьем;

¹ Совещание о развитии села и повышении эффективности аграрной отрасли // Официальный Интернет-портал Президента Республики Беларусь. URL: <https://president.gov.by/ru/events/soveshchanie-o-razvitii-sela-i-povyshenii-effektivnosti-agrarnoy-otrasli> (дата обращения: 20.04.2024).

- создание действенного механизма мотивации устойчивого производства продукции высокого качества и обеспечения ее безопасности;
- формирование адекватного механизма ответственности субъектов хозяйствования за результаты производственной деятельности в области обеспечения качества и безопасности;
- формирование эффективной системы информационного взаимодействия и информационного обеспечения в области решения проблем качества производимой продукции;
- оптимизация системы учета и отчетности в области качества и безопасности продовольственного сырья и готовой продукции;
- совершенствование системы республиканского мониторинга качества продукции и его инфраструктуры;
- совершенствование нормативного обеспечения качества и безопасности агропродовольственной продукции;
- повышение эффективности системного управления качеством субъектами хозяйствования и внедрение его принципов в сельском хозяйстве;
- развитие методического и консультационного обеспечения эффективной реализации инструментария управления качеством продукции;
- создание условий и развитие практики применения передовых способов организации производства и методов управления, подходов к управлению качеством всеми субъектами хозяйствования;
- развитие национальной идеологии качества продовольственного сырья и пищевой продукции посредством информирования, системы мотивации обеспечения качества и др.

В ходе исследований разработана система основополагающих принципов, которые должны соблюдаться при формировании и реализации стратегии (рис. 2).

Дифференциация областей развития. Как показал анализ, на стадии структуризации и детализации задач по конкретным сегментам (областям, зонам ответственности и т. д.) на национальном уровне наиболее целесообразным является поэлементный подход, который предполагает их дифференциацию по ключевым элементам системы обеспечения качества. На основе такой классификации были выделены следующие блоки.

Правовое регулирование – совершенствование правового регулирования вопросов в области качества и безопасности продукции (производство, реализация, обращение) на принципах оптимизации и единообразного толкования норм права:

актуализация действующих актов законодательства с акцентом на устранение дублирующих и противоречащих норм, разночтений;

развитие практики инициирования субъектами хозяйствования изменений действующих нормативных правовых актов на основе практического опыта, направленное на разработку недостающих и совершенствование действующих механизмов регулирования;

создание комплексной правовой основы регулирования, включающей как меры, так и механизмы их реализации;

формирование правового обеспечения вопросов мониторинга качества и безопасности сельскохозяйственной продукции, совершенствование правовой базы функционирования механизмов централизованного мониторинга качества и безопасности пищевой продукции;

формирование правовой основы нормативного регулирования современных технологий производства сельскохозяйственной продукции;

актуализация актов законодательства на принципах конкретизации функций органов государственного управления с учетом межведомственного характера вопросов регулирования качества и безопасности продовольственного сырья и пищевой продукции.

Нормативное обеспечение – совершенствование процессов регулирования нормирования требований к пищевой продукции и производству сельскохозяйственной продукции:

усиление роли государственного регулирования вопросов нормативного обеспечения качества пищевой продукции;

стимулирование и привлечение предприятий АПК к участию в процессах инициирования актуализации, отмены устаревших нормативных требований, разработки прогрессивных стандартов и других нормативных документов;

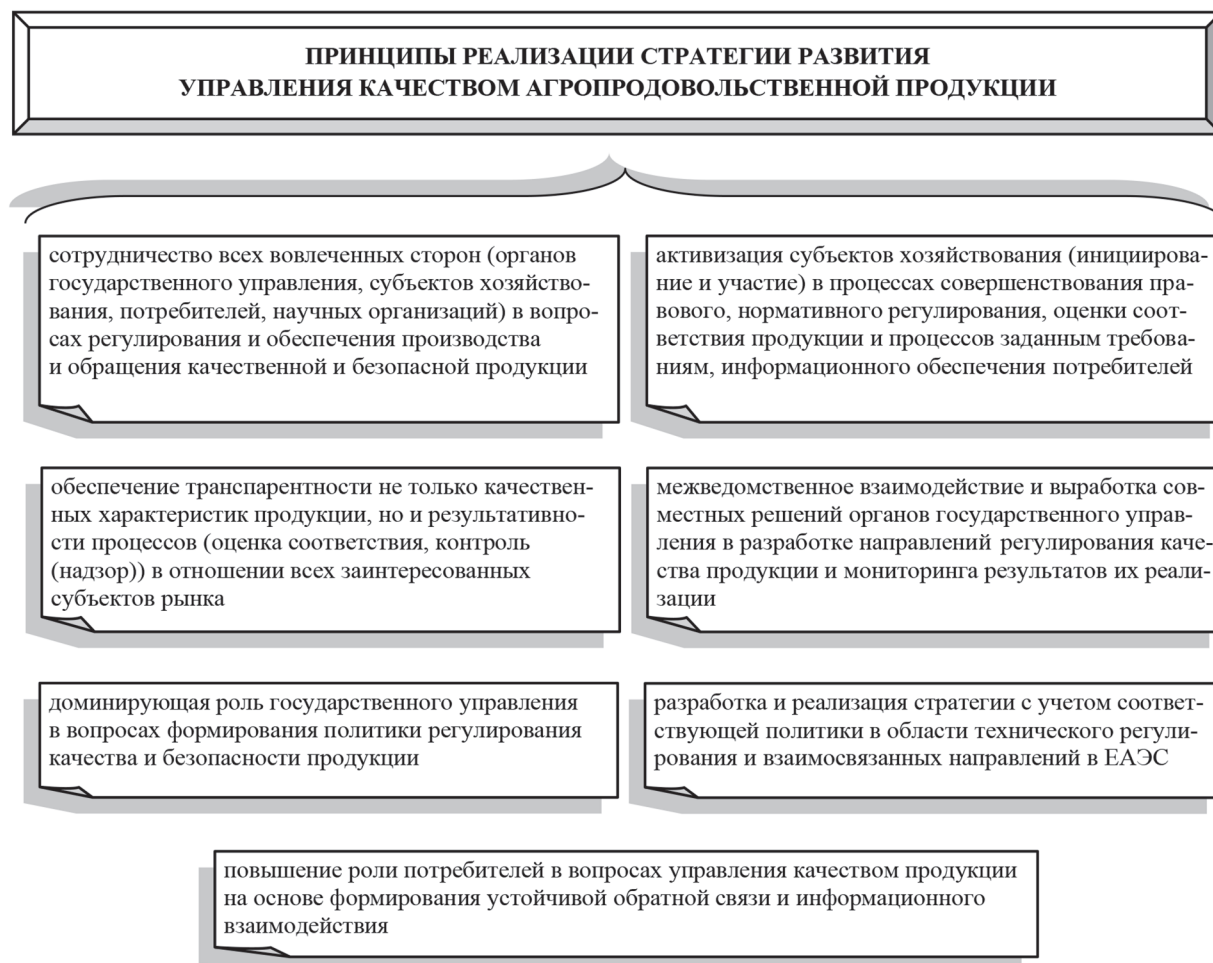


Рис. 2. Система принципов формирования и реализации стратегии развития управления качеством агропродовольственной продукции

Fig. 2. System of principles for the formation and implementation of a strategy for the development of quality management of agri-food products

развитие и использование потенциала стандартизации с точки зрения аккумулирования лучшего отраслевого опыта и практик;

формирование актуальной базы нормативного обеспечения технологических процессов в сельском хозяйстве (отраслевые регламенты).

Оценка (подтверждение) соответствия – совершенствование методологического, методического и информационного обеспечения оценки соответствия:

развитие испытательной базы отечественных контрольно-испытательных лабораторий для повышения достоверности результатов и эффективности деятельности в области оценки соответствия отечественной и импортируемой продукции установленным и заявленным требованиям;

совершенствование методик испытания с учетом результатов научно-технических достижений и задач обеспечения населения качественной и безопасной продукцией, реализации экспортного потенциала, в том числе на принципах межведомственного взаимодействия;

разработка методических рекомендаций, направленных на содействие экспорту продукции отечественных предприятий на основе отражения специфики требований к качеству и безопасности;

повышение информированности предприятий обрабатывающей промышленности в области нормативного регулирования и оценки (подтверждения) соответствия качества и безопасности продукции;

развитие перспективных направлений подтверждения отличительных характеристик, качества и безопасности продукции.

Контроль – совершенствование механизмов контроля качества продукции и соблюдения технологических требований, обеспечение прозрачности результатов:

совершенствование системы контроля на предприятиях обрабатывающей промышленности с целью формирования организационно-экономических условий соблюдения технологической дисциплины и обеспечения производства продукции, соответствующей требованиям качества и безопасности;

формирование эффективной системы контроля за соблюдением производственно-технологической, трудовой дисциплины с целью выполнения требований отраслевых регламентов на типовые технологические процессы производства сельскохозяйственной продукции;

развитие практики риск-ориентированного подхода в области контрольно-надзорной деятельности;

повышение прозрачности и интеграция результатов контрольной (надзорной) деятельности органов государственного управления.

Мониторинг качества продукции – формирование методологии и проведение комплексного, централизованного мониторинга качества и безопасности продукции и процесса управления качеством:

централизация и упорядочение результатов контроля (надзора) за соответствием продукции установленным требованиям с учетом межотраслевого характера (взаимодействие компетентных органов государственного управления в части формирования централизованных информационных баз данных об уровне качества и безопасности продукции и их цифровизация);

совершенствование ведомственной и статистической отчетности субъектов хозяйствования в отношении информации о качестве продукции с целью формирования базы соответствующих показателей на всех уровнях хозяйственной деятельности и управления;

формирование условий для проведения мониторинга качества продукции во взаимосвязи с технологическими и организационно-экономическими факторами производства, направленного на проведение системного анализа и получение достоверных результатов;

внедрение механизмов оценки эффективности принимаемых мер в области регулирования качества продукции с целью разработки своевременных и действенных корректирующих мероприятий на принципах обратной связи органов государственного управления и субъектов хозяйствования;

организация и эффективное функционирование систем прослеживаемости продукции как на национальном, так и на региональном и международном уровнях.

Стимулирование повышения качества продукции – совершенствование методологии мотивации повышения качества, стимулирования устойчивости его обеспечения:

развитие методов и инструментов стимулирования качества продукции, технологических процессов, системного менеджмента на предприятиях отрасли со стороны государственных органов управления, включая ведомственные;

совершенствование системы договорных отношений в части формирования эффективных механизмов мотивации производства продукции с высокими потребительскими и технологическими свойствами;

формирование механизма мотивации устойчивого производства продукции, соответствующей установленным требованиям, на основе развития методологического, консультационного обеспечения, в том числе с учетом экспортной направленности;

развитие системы стимулирования персонала в области обеспечения производства продукции в соответствии с установленными требованиями, применения эффективных техник качества;

популяризация премий, расширение отраслевого конкурсного движения в области качества продукции.

Системное управление качеством продукции – формирование методической базы системного управления качеством продукции с учетом отраслевых особенностей:

повышение эффективности функционирования сертифицированных систем менеджмента качества;

внедрение сквозных систем управления качеством и безопасностью продукции АПК всеми субъектами в цепи поставок, начиная от производства сельскохозяйственного сырья до реализации конечной продукции;

соблюдение принципов системного управления качеством и безопасностью продукции в сельскохозяйственных организациях;

развитие практики сертификации отечественной продукции и производственных процессов на соответствие требованиям фактических и потенциальных стран-импортеров, перспективных систем менеджмента качества;

разработка методологии оценки эффективности функционирования систем менеджмента качества на предприятиях на макроуровне;

совершенствование системы статистического учета сертифицированных систем менеджмента качества на предприятиях АПК.

Информационное обеспечение – повышение доступности информации, развитие методического инструментария, формирование системы отраслевых информационных ресурсов в области качества продукции:

развитие механизмов обмена передовыми знаниями и практическими достижениями субъектов хозяйствования в области устойчивого производства продукции, отвечающей установленным требованиям;

формирование системы информирования о предприятиях, достигших наиболее значительных результатов в части обеспечения производства качественной продукции, предприятиях-победителях в рамках республиканских и отраслевых конкурсов;

информационно-методическое сопровождение и поддержка процессов внедрения и популяризации техник качества и эффективного менеджмента с учетом отраслевых особенностей бизнес-процессов;

распространение современных передовых практик и методов совершенствования информационного обеспечения (интернет-ресурсы, социальные сети, базы данных и т. д.) в области качества пищевой продукции;

развитие практики периодического проведения тематических отраслевых мероприятий по вопросам регулирования и обеспечения качества продукции аграрной отрасли;

формирование централизованных информационных ресурсов (баз данных) органами государственного управления по различным аспектам регулирования качества и безопасности продукции;

развитие информационного обеспечения потребителей относительно результатов оценки соответствия качества и безопасности продукции.

Кадровое обеспечение и повышение квалификации – формирование уровня знаний и компетенций персонала субъектов хозяйствования и органов государственного управления в соответствии с современными потребностями отрасли:

повышение уровня квалификации кадров в области регулирования качества и безопасности сельскохозяйственной продукции и готового продовольствия, обеспечения производства продукции в соответствии с установленными требованиями;

формирование эффективной системы обучения персонала требованиям к производственному процессу и способам их соблюдения;

мониторинг потребностей предприятий АПК в повышении квалификации кадров, их компетенций в области управления качеством.

Популяризация и пропаганда в области качества – повышение уровня знаний потребителей в области качества продукции и культуры питания:

развитие системы продвижения отечественной продукции АПК на основе ее позиционирования как качественной и безопасной с целью формирования устойчивого спроса и повышения эффективности сбыта;

создание системы информационного освещения, направленного на повышение грамотности и информирования потребителей в области вопросов качества и безопасности продукции на основе широкого использования маркетинговых инструментов и цифровых технологий, поддержание национальных традиций и культуры питания;

реализация социальных проектов в области качества и безопасности продукции, формирования культуры и развития системы здорового питания;
повышение культуры качества предприятий и потребителей.

Научно-инновационное сопровождение реализации стратегии – развитие системы управления качеством продукции во взаимосвязи и на основе передовых достижений:

внедрение прогрессивных методов эффективного управления, научно-технических разработок в области обеспечения качества продукции и т. д.;

расширение использования и развитие цифровизации, направленное на повышение эффективности процессов менеджмента качества как в отрасли (в областях контроля, оценки соответствия, маркировки, прослеживаемости продукции и др.), так и на уровне предприятий, отдельных технологических операций;

развитие информационно-коммуникационных технологий в области обеспечения и управления качеством продукции (сбор и обработка информации, мониторинг, обмен опытом и т. д.);

разработка программных продуктов для обеспечения прослеживаемости находящейся в обращении на рынке продукции, подготовки аналитической информации на основе автоматизированной обработки соответствующих баз данных;

проведение научных исследований по приоритетным направлениям развития отечественной системы обеспечения производства качественной и безопасной продукции.

Конкретный инструментарий и комплексы мер по реализации обозначенных выше задач, а также *матрица взаимодействия* разрабатываются с учетом и на основе информации и предложений всех стейкхолдеров, включая органы государственного управления АПК, субъекты хозяйствования отрасли, торговли и т. д. При этом для всех мероприятий необходимо определение ответственных исполнителей (как правило, органы государственного управления – Минсельхозпрод, Госстандарт, Белгоспищепром и др.), а также других задействованных организаций.

Оценка эффективности реализации стратегии. Система показателей оценки эффективности должна обеспечивать возможность выполнения своих функций как в течение периода реализации стратегии, так и по ее завершении. В ходе исследований были выделены только приоритетные критерии (таблица) на макро- и микроэкономическом уровне, в то время как показатели эффективности реализации отдельных мероприятий, равно как и их совокупности, в зависимости от поставленных локальных целей и задач могут существенно корректироваться [14].

**Классификация основных показателей оценки эффективности реализации стратегии
развития управления качеством агропродовольственной продукции**
**Classification of the main indicators for assessing the effectiveness of the implementation of a strategy
for development of quality management of agri-food products**

Показатели	
Прямые	Косвенные
Структура категорий (сортов, классов) основных видов сельскохозяйственной продукции, а также фактический уровень отдельных показателей, включая ценообразующие и валообразующие	Количество сертифицированных систем менеджмента качества в соответствии с ISO 9001, ISO 22000, HACCP и других в разрезе отраслей агропромышленного комплекса
Объемы производства сельскохозяйственной продукции и готового продовольствия, не соответствующих требованиям ТНПА в области технического нормирования и стандартизации (дифференцировано по причинам)	Число случаев привлечения к ответственности субъектов отрасли за несоблюдение установленных требований к качеству и безопасности продукции (дифференцировано по причинам)
	Уровень заболеваемости населения болезнями пищевого происхождения
Удельный вес проб пищевой продукции, не соответствующей требованиям качества и безопасности (в рамках надзорной деятельности)	Оценка суммарного «бремя болезни» в результате потребления продукции, не соответствующей установленным требованиям
Экономический ущерб в целом для страны и в разрезе субъектов от производства продукции, не соответствующей требованиям ТНПА	Число организаций, принявших участие в конкурсном движении за качество (дифференцировано по конкурсам)

Планируемые результаты реализации стратегии. Реализация стратегии позволит достичь следующих основных результатов:

обеспечить устойчивое производство отечественного сельскохозяйственного сырья и продовольствия, отвечающих установленным требованиям к качеству и безопасности, посредством формирования благоприятной организационно-экономической среды;

улучшить благосостояние и качество жизни населения страны за счет реализации прав на качественное и безопасное питание, защиты жизни и здоровья потребителей;

повысить эффективность производственной деятельности предприятий на основе ее оптимизации посредством формирования действенных систем управления качеством, применения техник качества и эффективного менеджмента;

минимизировать потери от производства и выпуска в обращение продукции, не соответствующей установленным требованиям, оптимизации системы оценки и контроля качества как на уровне предприятий, так и страны;

повысить конкурентоспособность и экспортный потенциал продукции предприятий отрасли;

увеличить долю отечественных продуктов питания в потребительской корзине населения, оптимизировать рационы питания на основе развития идеологии в области качества и формирования адресного информационного обеспечения;

повысить производительность труда за счет совершенствования систем мотивации персонала и реализации локальных проектов по оптимизации бизнес-процессов;

сформировать эффективный и динамичный механизм регулирования качества и безопасности отечественной продукции на основе системного развития инструментария управления качеством.

Выводы. Проведенные исследования позволили определить целесообразность разработки такого основополагающего концептуального документа в области развития отечественной системы регулирования и обеспечения качества продукции аграрной отрасли, как стратегия. Она должна быть разработана с учетом поставленных задач и намеченных направлений развития в нормативных документах Госстандарта, а также в контексте основных приоритетов социально-экономического развития Республики Беларусь, представленных в соответствующих государственных программах.

Стратегия должна содержать меры воздействующего (регулирующего) характера, предусматривающие разработку и принятие руководящих, нормативных и правовых документов, а также меры, обеспечивающие их внедрение и применение, осуществление запланированных мероприятий. Результаты реализации стратегии должны предусматривать определение экономического, организационного и социального эффектов. Авторский подход предполагает оценку динамики качества продукции, сертификации систем менеджмента качества, потерь (ущерба) в результате производства не соответствующей требованиям продукции и др.

Реализация предлагаемого алгоритма разработки стратегии развития управления качеством агропродовольственной продукции позволит обеспечить эффективный подход к обоснованию и формированию объективного, комплексного документа, предусматривающего наиболее эффективные пути решения рассматриваемой проблемы.

Благодарности. Исследование выполнено в рамках Государственной научно-технической программы «Инновационные агропромышленные и продовольственные технологии», 2021–2025 годы, подпрограмма «Агропромкомплекс – инновационное развитие».

Acknowledgments. The research has been carried out within the framework of the State Scientific and Technical Program “Innovative agro-industrial and food technologies”, 2021–2025, subprogram “Agro-Industrial Complex – innovative development”.

Список использованных источников

1. Моргунова, Е. Технические регламенты и стандарты как основа безопасности и качества отечественного продовольствия / Е. Моргунова // Аграрная экономика. – 2024. – № 7. – С. 4–13. <https://doi.org/10.29235/1818-9806-2024-7-4-13>
2. Моргунова, Е. Под знаком качества / Е. Моргунова // Экономика Беларуси. – 2025. – № 1. – С. 6–13.
3. Азаркевич, И. В. Технические условия: о плюсах и минусах / И. В. Азаркевич // Стандартизация. – 2021. – № 4. – С. 5–13.
4. Назаренко, В. Единая система технического регулирования ЕАЭС: достижения и горизонты развития / В. Назаренко // Стандарты и качество. – 2022. – № 12. – С. 52–58.

5. Татарицкий, В. О содействии безопасности и качеству продукции, инновациям и экспортным рынкам / В. Татарицкий // БЕЛТА. – URL: <https://belta.by/interview/view/o-sodejstvii-bezopasnosti-i-kachestvu-produktsii-innovatsijam-i-eksportnym-rynkam-8381> (дата обращения: 07.10.2022).
6. Осмола, И. Как обеспечить настоящее и будущее качество? / И. Осмола // Стандартизация. – 2020. – № 3. – С. 9–16.
7. Комарова, Н. В. Продовольственный сегмент: стратегия повышения качества / Н. В. Комарова, А. В. Мелешеня, Д. А. Зайченко // Стандартизация. – 2024. – № 5. – С. 41–46.
8. Парковская, Н. Ф. Белорусское продовольствие: технические регламенты и стандарты в постоянном развитии / Н. Ф. Парковская // Стандартизация. – 2020. – № 4. – С. 9–14.
9. Смильгин, И. В ответе за качество и безопасность / И. Смильгин // Продукт.by. – 2020. – № 5. – С. 10–11.
10. Войтик, С. Т. Изменения в административном процессе / С. Т. Войтик, Д. А. Владыко // Стандартизация. – 2021. – № 3. – С. 51–55.
11. Методические рекомендации по разработке программ качества для отраслей экономики и организаций / Гос. ком. по стандартизации Респ. Беларусь, БелГИСС. – Минск: БелГИСС 2021. – 83 с.
12. Принципиальные направления совершенствования механизма обеспечения продовольственной безопасности Республики Беларусь / А. В. Пилипук, Г. В. Гусаков, П. В. Расторгуев [и др.] // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сэрыя аграрных навук. – 2021. – Т. 59, № 2. – С. 135–150. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2021-59-2-135-150>
13. Смильгин, И. Роль Департамента ветеринарного и продовольственного надзора Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь в обеспечении качества и безопасности отечественной молочной продукции / И. Смильгин // Аграрная экономика. – 2024. – № 7. – С. 14–21.
14. Расторгуев, П. В. Концептуальные основы формирования институциональной среды системного управления качеством продукции в сельском хозяйстве / П. В. Расторгуев // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сэрыя аграрных навук. – 2016. – № 2. – С. 57–67.
15. Расторгуев, П. В. Методологические аспекты оценки резервов сквозного управления качеством агропродовольственной продукции / П. В. Расторгуев, И. Г. Почтовая // Вестник Белорусской сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 2. – С. 15–20.
16. Расторгуев, П. В. Научно-методические рекомендации по регулированию качества сельскохозяйственной продукции / П. В. Расторгуев, И. Г. Почтовая, Е. А. Расторгуева. – Минск: Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси, 2021. – 43 с.
17. Почтовая, И. Г. Качество как приоритетный фактор эффективного продвижения отечественных продовольственных товаров / И. Г. Почтовая // Современные технологии сельскохозяйственного производства: экономика, бухгалтерский учет, социально-гуманитарные науки: сб. науч. ст. по материалам XXVIII Междунар. науч.-практ. конф. (Гродно, 25 апр., 16 мая 2025 г.). / Гродн. гос. аграр. ун-т. – Гродно, 2025. – С. 130–132.

References

1. Marhunova A. Technical regulations and standards as the basis of safety and quality of domestic food. *Agrarnaya ekonomika = Agrarian Economics*, 2024, no. 7, pp. 4–13 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1818-9806-2024-7-4-13>
2. Marhunova A. Under the sign of quality. *Ekonomika Belarusi = Economy of Belarus*, 2025, no. 1, pp. 6–13 (in Russian).
3. Azarkevich I. V. Technical specifications: pros and cons. *Standartizatsiya* [Standardization], 2021, no. 4, pp. 5–13 (in Russian).
4. Nazarenko V. Unified system of technical regulation of the EAEU: achievements and development horizons. *Standarty i kachestvo* [Standards and Quality], 2022, no. 12, pp. 52–58 (in Russian).
5. Tataritskii V. On promoting product safety and quality, innovation and export markets. *BELTA*. Available at: <https://belta.by/interview/view/o-sodejstvii-bezopasnosti-i-kachestvu-produktsii-innovatsijam-i-eksportnym-rynkam-8381> (accessed 7 October 2022) (in Russian).
6. Osmola I. How to ensure present and future quality? *Standartizatsiya* [Standardization], 2020, no. 3, pp. 9–16 (in Russian).
7. Komarova N. V., Meleshchenya A. V., Zaichenko D. A. Food segment: a strategy to improve quality. *Standartizatsiya* [Standardization], 2024, no. 5, pp. 41–46 (in Russian).
8. Parkovskaya N. F. Belarusian food products: technical regulations and standards in constant development. *Standartizatsiya* [Standardization], 2020, no. 4, pp. 9–14 (in Russian).
9. Smilhin I. Responsible for quality and safety. *Produkt.by* [Food.by], 2020, no. 5, pp. 10–11 (in Russian).
10. Voitik S. T., Vladyko D. A. Changes in the administrative process. *Standartizatsiya* [Standardization], 2021, no. 3, pp. 51–55 (in Russian).
11. *Methodological recommendations for the development of quality programmes for economic sectors and organisations*. Minsk, The Belarusian State Institute of Standardization and Certification, 2021. 83 p. (in Russian).
12. Pilipuk A. V., Rastorguev P. V., Gusakov G. V., Kondratenko S. A., Karpovich N. V., Pochtovaya I. G., Lobanova L. A. Principal directions for improving the mechanism for ensuring food security of the Republic of Belarus. *Vesti Natsyyanal'nei akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2021, vol. 59, no. 2, pp. 135–150 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2021-59-2-135-150>
13. Smilhin I. The role of the Department of veterinary and food control of the Ministry of agriculture and food of the Republic of Belarus in ensuring the quality and safety of domestic dairy products. *Agrarnaya ekonomika = Agrarian Economics*, 2024, no. 7, pp. 14–21 (in Russian).

14. Rastorguev P. V. Conceptual bases for forming institutional environment of quality management system in agriculture. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2016, no. 2, pp. 57–67 (in Russian).
15. Rastorguev P. V., Pochtovaia I. G. Methodological aspects of assessing reserves for end-to-end management of agricultural food products quality. *Vestnik Belorusskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*, 2024, no. 2, pp. 15–20 (in Russian).
16. Rastorguev P. V., Pochtovaya I. G., Rastorgueva E. A. *Scientific and methodological recommendations on regulating the quality of agricultural products*. Minsk, Institute for System Research in the Agro-Industrial Complex of the National Academy of Sciences of Belarus, 2021. 43 p. (in Russian).
17. Pochtovaya I. G. Quality as a priority factor for effective promotion of domestic food products. *Sovremennye tekhnologii sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva: ekonomika, bukhgalterskii uchet, sotsial'no-gumanitarnye nauki: sbornik nauchnykh statei po materialam XXVIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Grodno, 25 aprelya, 16 maya 2025 g.)* [Modern technologies of agricultural production: economics, accounting, social and humanitarian sciences: collection of scientific articles based on the materials of the XXVIII International scientific and practical conference (Grodno, April 25, May 16, 2025)]. Grodno, 2025, pp.130–132 (in Russian).

Информация об авторах

Расторгуев Петр Владиславович – кандидат экономических наук, доцент, заместитель директора по научной и инновационной работе, Институт системных исследований в АПК Национальной академии наук Беларуси (ул. Казинца, 103, 220108, Минск, Республика Беларусь). <https://orcid.org/0000-0002-1394-986X>. E-mail: rastorguev-pv@rambler.ru

Почтовая Ирина Григорьевна – кандидат экономических наук, доцент, заведующий сектором качества, Институт системных исследований в АПК Национальной академии наук Беларуси (ул. Казинца, 103, 220108, Минск, Республика Беларусь). E-mail: pochira@rambler.ru

Information about the authors

Petr V. Rastorguev – Ph. D. (Economics), Associate Professor, Deputy Director for Research and Innovation Work, Institute of System Researches in the Agro-Industrial Complex of the National Academy of Sciences of Belarus (103, Kazinets St., 220108, Minsk, Republic of Belarus). <https://orcid.org/0000-0002-1394-986X>. E-mail: rastorguev-pv@rambler.ru

Irina G. Pochtovaya – Ph. D. (Economics), Associate Professor, Head of the Sector of Quality, Institute of System Researches in the Agro-Industrial Complex of National Academy of Sciences of Belarus (103, Kazinets St., 220108, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: pochira@rambler.ru

ISSN 1817-7204 (Print)

ISSN 1817-7239 (Online)

УДК 339.54:665.3(470)

<https://doi.org/10.29235/1817-7204-2025-63-4-284-297>

Поступила в редакцию 03.08.2025

Received 03.08.2025

С. П. Воробьев, В. В. Воробьева*Алтайский государственный университет, Барнаул, Российская Федерация***ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПРОИЗВОДСТВА РАСТИТЕЛЬНОГО МАСЛА
В РОССИИ И АЗИАТСКИЙ ВЕКТОР ЕГО ЭКСПОРТА**

Аннотация. Мировое производство растительных масел имеет устойчивую тенденцию роста, при этом на рынке наблюдается структурный сдвиг в сторону промышленного использования масложировой продукции. Основными видами растительных масел являются пальмовое, рапсовое, подсолнечное, соевое, а среди крупнейших мировых игроков выделяются страны-экспортеры и несколько стран-импортеров, включая Индию и Китай. Российская Федерация – крупнейший мировой производитель и экспортер подсолнечного масла, но при этом имеет незначительную долю в мировом экспорте соевого и рапсового масел. Вместе с тем растет значимость поставок масла из России в импорт Китая и Индии. Рост производства растительного масла в России связан с увеличением посевных площадей, урожайности масличных культур во всех регионах-производителях, однако по подсолнечнику выявлена тенденция увеличения посевов в регионах с меньшей его урожайностью. Переработка растительного масла в России концентрируется в небольшом количестве крупных организаций холдингового типа с разветвленной сетью заводов, размещенных в различных регионах и лидирующих в экспорте продукции. Показано, что в неблагоприятных геополитических условиях изменяется логистика продаж основных экспортеров растительного масла, Россия увеличивает поставки в Индию и Китай, однако по существенно более низким ценам. Усиление государственного регулирования на российском рынке масложировой продукции привело к тому, что растительные масла стали более доступными для внутреннего потребления, но при этом возросли риски для внешнеторговой деятельности предприятий-экспортеров из-за введенных мер тарифного и нетарифного регулирования экспорта.

Ключевые слова: мировые аграрные рынки, концентрация рынка, экспорт, структурные сдвиги, масличные культуры, протекционизм, страны Азии

Для цитирования: Воробьев, С. П. Основные тенденции производства растительного масла в России и азиатский вектор его экспорта / С. П. Воробьев, В. В. Воробьева // *Весті Національної академії наук Білорусі. Серія аграрних наук.* – 2025. – Т. 63, № 4. – С. 284–297. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2025-63-4-284-297>

Sergey P. Vorobyov, Viktoria V. Vorobyova*Altai State University, Barnaul, Russian Federation***MAIN TRENDS IN THE PRODUCTION OF VEGETABLE OIL IN RUSSIA
AND THE ASIAN VECTOR OF ITS EXPORTS**

Abstract. Global vegetable oil production has a steady growth trend, and there is a structural shift towards the industrial use of oil and fat products. The main types of oils are palm oil, rapeseed oil, sunflower oil, and soybean oil, and the largest global players include exporting countries and several importing countries, including India and China. The Russian Federation is the largest global producer and exporter of sunflower oil, but it has a small share in global exports of soybean and rapeseed oils. At the same time, the importance of Russian oil imports in China and India is growing. The growth in the production of vegetable oil in Russia is due to the increase in the area planted and the yield of oilseeds in all producing regions. However, there is a trend of increasing sunflower seed production in regions with lower yields. The processing of vegetable oil in Russia is concentrated in a small number of large holding-type organizations with an extensive network of factories located in various regions, which are leading in the export of products. It has been shown that in unfavorable geopolitical conditions, the logistics of sales by the main exporters of vegetable oil are changing, and Russia is increasing its exports to India and China, but at significantly lower prices. In the Russian market for oil and fat products, state regulation of prices in the domestic food market is increasing, and tariff and non-tariff measures for regulating exports are being implemented in foreign trade operations, which ensures the physical and economic availability of vegetable oils in Russia but increases the risks of foreign trade activities for exporting enterprises.

Keywords: global agricultural markets, market concentration, exports, structural shifts, oilseeds, protectionism, Asian countries

For citation: Vorobyov S. P., Vorobyova V. V. Main trends in the production of vegetable oil in Russia and the Asian vector of its exports. *Vesti Natsyynal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2025, vol. 63, no. 4, pp. 284–297 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2025-63-4-284-297>

Введение. Мировой рынок масложировой продукции, в том числе растительного масла, является достаточно развитым, поскольку реализуемые на нем товары используются не только в питании человека, но и в качестве сырья для промышленности, составления рационов кормления животных. При этом пространственное размещение производства и потребление масложировой продукции по странам мира неравномерно, а на объемы производства и экспорта оказывает влияние множество факторов стабилизирующего и дестабилизирующего характера. Для многих стран, в том числе для России, экспорт растительного масла является основой развития внешнеэкономической деятельности хозяйствующих субъектов АПК, стабилизации внутреннего продовольственного обеспечения, а происходящие на мировых рынках изменения определяют конкурентоспособность стран, хозяйствующих субъектов, продукции.

В России, одной из крупнейших в мире стран по производству и экспорту подсолнечного, рапсового, соевого масел, осуществляется система организационно-экономических и политических мер по развитию внешнеторговых отношений с другими странами, значимость которых усиливается в сложных геополитических условиях. Меры финансового и нефинансового характера являются как стимулирующими для сельхозтоваропроизводителей и производителей растительного масла, так и ограничивающими их деятельность с целью обеспечения экологических требований, физической и экономической доступности продуктов питания, что так или иначе определяет экспортные позиции по растительным маслам на мировом рынке. Большая часть продукции выращивания масличных культур и их переработки из России при достаточно широкой географии поставок направляется в Китай, Индию, являющиеся крупнейшими странами – импортерами этой продукции.

Исследования основных тенденций, закономерностей формирования и развития мирового рынка различных видов растительных масел, оценка значимости России и Беларуси в формировании ресурсов мировых аграрных рынков представлены в трудах многих российских и зарубежных ученых: Н. В. Банниковой [1], К. Г. Бородина [2], В. Г. Гусакова [3], Е. В. Закшевой [4], Н. В. Кириенко [5], Н. А. Медведевой [6], О. В. Мощенко [7], И. Г. Ушачева [8], С. А. Шелковникова [9]. Экономическая эффективность и основные тенденции пространственного размещения масличных культур, производства растительного масла, перспективы регионов России по развитию экспорта масложировой продукции, а также особенности функционирования азиатских продовольственных рынков изложены в трудах И. А. Войтко [10], С. А. Долговой [11], Э. Г. Имескеновой [12], Н. В. Кириенко [13], В. А. Логиновой [14].

В работах [15, 16] рассмотрено усиление геополитических рисков в глобальной цепочке поставок агропромышленной, в том числе масложировой продукции, вследствие возникновения локальных военных конфликтов и прочих неблагоприятных геополитических событий, нарушающих сложившуюся систему международных отношений, товаропотоки продукции сельского хозяйства и продовольствия между странами, снижающих эффективность товародвижения за счет роста издержек. Так, авторами было выявлено, что существенные изменения в товаропотоках между странами, определенные не рыночными процессами, а политическим вмешательством, наносят ущерб обеим сторонам и приводят к перенасыщению внутреннего рынка в стране-экспортере, делая продукты питания более доступными, и одновременному увеличению цен и снижению доступности в стране – импортере продовольствия. С нашей точки зрения, в [15, 16] основной фокус сделан на издержках, связанных с переориентацией логистики, без учета более глубоких проблем, вызванных невозможностью диверсификации экспортных поставок по странам, которые также влияют на рынок сырья для производства растительного масла. Так, нарушение логистики на мировых рынках приводит к снижению рентабельности экспорта и в условиях, когда рынок маслосемян является рынком покупателя, снижает спрос и цены на сырье. Усиление негативного влияния барьеров мировых продовольственных рынков на эффективность функционирования сырьевых рынков, которые задействованы в производстве продовольствия, было выявлено белорусскими учеными-аграриями [17].

Кроме того, многие ученые в своих работах акцентировали внимание на экологических проблемах развития производства и экспорта растительного масла, в том числе пальмового [18–20], а также на существенных отличиях в диверсификации экспорта продукции АПК в странах с различным уровнем доходов населения [21, 22] и изменениях ценовой конъюнктуры на рынках рапсового, соевого, подсолнечного масел [23, 24].

Цели и задачи. *Цель исследований* – выявить основные тенденции формирования и развития экспорта растительного масла из России в Китай, Индию с учетом закономерностей на мировых рынках, пространственного размещения производств по регионам России, конкурентности рынка, действующих в России мер государственного регулирования продовольственного обеспечения населения. *Задачи* – определить ключевые тенденции на мировом рынке растительных масел; оценить вклад России в формирование ресурсов подсолнечного, рапсового, соевого масел; проанализировать уровень конкуренции среди товаропроизводителей в России на рынке растительных масел; выявить тенденции экспорта подсолнечного, рапсового, соевого масел и значимость России в формировании ресурсов Китая и Индии, являющихся основными импортерами по анализируемым видам масла как на мировом рынке, так и по поставкам из России; рассмотреть влияние географических сдвигов по странам-поставщикам на цены импортной продукции в Китае, Индии.

Методы исследования. Основной метод, использовавшийся в исследованиях, – экономико-статистический. Он предполагает обработку динамических рядов данных по формированию и использованию ресурсов растительных масел в целом по всем странам мира, по основным странам-производителям и странам-экспортерам, а также по странам – импортерам растительных масел – пальмового, подсолнечного, соевого, рапсового. В рамках этого метода активно использовался индексный способ (при расчете индекса переменного и постоянного составов для цен растительных масел, импортируемых в Китай и Индию, структурных сдвигов по странам-экспортерам), расчет абсолютных и относительных показателей динамики. Интенсивность структурных сдвигов была определена по методике В. М. Рябцева, характерной особенностью которой является наличие градаций для оценки степени структурных различий [25]. Удельный вес компаний – экспортеров подсолнечного масла в России был определен с учетом распределенных государством квот по экспорту продукции в 2022 г. (при распределении квот по организациям законодатели учитывали объем реализации продукции на экспорт за период с 1 января по 31 декабря 2021 г. в целом по стране и по конкретным компаниям¹; авторы долю компаний в экспорте рассчитывали обратным способом, зная утвержденную квоту для конкретной компании и общую квоту по стране).

Информационно-аналитическая база: данные по производству, импорту, экспорту, внутреннему потреблению растительных масел по сельскохозяйственным годам во всем мире и в отдельных странах – база данных Министерства сельского хозяйства США²; сведения по фактическому потреблению растительных масел по странам за 2009–2024 гг. и прогноз до 2034 г. – публикации ФАО ООН³; данные по посевным площадям, урожайности и валовому сбору масличных культур по регионам России, производству и его структуре по видам растительного масла – база данных ЕМИСС Росстата⁴; сведения по импорту растительных масел в натуральном и стоимостном выражении по календарным годам и по странам – база данных Trade Map⁵.

Результаты и их обсуждение. Перспективы развития в России экспортной деятельности и увеличения объемов экспорта семян масличных культур и продукции их переработки определяются многими внутренними и внешними факторами, в том числе состоянием мировых рынков (конкуренция, пространственное размещение производства и потребления, тренды потребления), обеспеченностью сырьем, особенностями национальных политик государств-импортеров и государств-экспортеров в области обеспечения продовольственной безопасности.

¹ О мерах по регулированию вывоза масла подсолнечного, жмыхов и других твердых остатков из семян подсолнечника за пределы территории Российской Федерации в государства, не являющиеся членами Евразийского экономического союза, и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации: постановление Правительства Рос. Федерации от 31 марта 2022 г. № 548 // Правительство России. URL: <http://government.ru/docs/all/140210/> (дата обращения: 01.07.2025).

² Oilseeds: World Markets and Trade // Foreign Agricultural Service U.S. Department of Agriculture. URL: <https://www.fas.usda.gov/data/oilseeds-world-markets-and-trade-07112025/> (date of access: 15.07.2025).

³ OECD-FAO Agricultural Outlook 2025–2034 // Organisation for Economic Co-operation and Development. URL: https://www.oecd.org/en/publications/oecd-fao-agricultural-outlook-2025-2034_601276cd-en/full-report.html/ (date of access: 15.07.2025).

⁴ ЕМИСС // Росстат. URL: <https://fedstat.ru/> (дата обращения: 01.07.2025).

⁵ Trade Map: торговая статистика для развития международного бизнеса. URL: <https://www.trademap.org/Index.aspx/> (дата обращения: 01.07.2025).

Тенденции на мировом рынке различных видов растительного масла. Мировой рынок растительных масел демонстрирует устойчивый рост по всем их видам: в 2023/24 сельскохозяйственном году во всех странах мира было произведено 221,1 млн т растительного масла, что на 60,19 % выше объемов производства 2009/10 года. Наибольший прирост наблюдался по подсолнечному маслу – на 90,61 % (среднегодовой темп прироста – 4,72 %), рапсовому, соевому, пальмовому маслам – прирост от 53,76 до 69,61 %, наименьший – по хлопковому (1,93 %), кокосовому (7,18 %) маслам. Это определяется увеличением численности населения в мире, развитием индустрии здорового питания, изменением соотношения в потреблении растительных масел на продовольственные и промышленные цели.

В структуре производства растительных масел в целом в мире на протяжении 2009–2024 гг. лидировало пальмовое масло, его доля в общем производстве варьировала от 32,33 до 36,40 %. Основное производство пальмового масла сосредоточено в Индонезии и Малайзии, доля которых в мировом производстве варьировала за анализируемый период от 55,95 до 59,53 % и от 23,98 до 28,04 % по странам соответственно, в экспорте – от 50,19 до 56,89 % и от 31,11 до 37,25 % по странам соответственно. Высокий спрос на пальмовое масло объясняется низкой удельной себестоимостью производимой продукции, что позволяло производителям устанавливать более низкие цены на экспортируемую продукцию по сравнению с ценами на мировых рынках других видов растительных масел. Однако производство пальмового масла по большей части осуществлялось на экстенсивной основе, путем вырубки тропических лесов, что приводило к сокращению биоразнообразия [18], загрязнению окружающей среды отходами производства маслоэкстракционных заводов, увеличению выбросов парниковых газов [19, 20]. В этих условиях было усилено государственное регулирование производства пальмового масла, а со стороны части стран-импортеров повышены экологические требования к производителям пальмового масла. В частности, в странах ЕС с 30 декабря 2024 г. вступил в силу закон о запрете вырубки лесов, в том числе содержащий требование к импортерам, чтобы их товары не способствовали вырубке лесов в странах-экспортерах, соответствовали стандартам экологической, социальной и управленческой ответственности [26].

На соевое, рапсовое, подсолнечное масла в совокупности в 2023/24 сельскохозяйственном году приходилось 54,21 % от всего произведенного в мире растительного масла, прирост к 2009/10 году – всего 1,79 п. п. Основными производителями соевого масла на протяжении анализируемого периода оставались Китай, США, Бразилия, доля которых в 2023/24 году составила 65,91 % от мирового производства соевого масла, однако самообеспеченность рынка в этих странах различалась:

- Китай, где в 2023/24 году было произведено 18,8 млн т масла (в 2,16 раза больше, чем в 2009/10 году), остается крупнейшим производителем соевого масла, но собственные потребности в продукции не обеспечивает, импортируя 0,3–0,4 млн т из других стран в 2021–2024 гг.;

- США, где в 2023/24 году было произведено 12,3 млн т масла (в 1,38 раза больше, чем в 2009/10 году), всю произведенную продукцию направляли на внутреннее потребление;

- Бразилия, где в 2023/24 году было произведено 11,6 млн т масла (в 1,71 раза больше, чем в 2009/10 году), до 12,23–25,39 % произведенной продукции направляла на экспорт. В 2021/22 году и 2022/23 году Бразилия формировала 19,36–22,88 % мирового экспорта, в 2023/24 году ее вклад снизился до 11,45 %, что было вызвано резким ростом внутреннего спроса на биотопливо, в котором одной из составных частей являлось растительное масло (соевое, рапсовое) (табл. 1).

Россия за период с 2009/10 года по 2023/24 год нарастила объемы производства соевого масла, по валовому сбору соевых бобов вошла в десятку крупнейших стран-производителей, а по экспорту соевого масла находилась на 4-м месте, формируя 6,44 % мирового экспорта (прирост 1,99 п. п. в 2023/24 году по сравнению с 2020/21 годом). В целом если рассматривать значимость России в формировании рынка всех видов растительного масла, то на ее долю в последние годы приходилось 12,51–14,57 % мирового экспорта (без пальмового масла). Основой товаропотока растительного масла в другие страны являлись подсолнечное, рапсовое, соевое масла, что определяется ростом посевных площадей и урожайности масличных культур, активным развитием перерабатывающей промышленности. На долю четырех стран (Аргентина, Россия, Канада, Украина) приходилось в 2023/24 году 53,88 % мирового экспорта растительных масел (без пальмового масла), вклад этих стран в формирование ресурсов рынка существенно увеличился за последние 15 лет (табл. 2).

Таблица 1. Производство растительного масла в различных странах мира по сельскохозяйственным годам, млн т

Table 1. Production of vegetable oil in various countries of the world by agricultural year, million tons

Растительное масло	Страна, объединение	Сельскохозяйственный год				
		2009/10	2020/21	2021/22	2022/23	2023/24
Пальмовое	Индонезия	21,0	43,5	42,0	45,0	43,0
	Малайзия	17,8	17,9	18,2	18,4	19,7
	Всего	44,8	73,1	73,2	76,7	76,0
Соевое	Китай	8,7	16,7	16,1	18,2	18,8
	США	8,9	11,4	11,9	11,9	12,3
	Бразилия	6,5	9,0	10,2	10,6	11,1
	Всего	38,8	59,2	60,1	60,7	64,0
Рапсовое	Китай	5,2	6,2	6,4	7,2	7,8
	Индия	2,2	2,9	3,7	3,8	4,0
	Канада	2,0	4,5	3,6	4,2	4,9
	Всего	22,3	29,1	29,1	31,7	34,3
Подсолнечное	Россия	2,5	5,8	6,2	6,5	6,8
	Украина	2,6	4,6	3,9	6,0	6,8
	Страны ЕС	2,6	4,4	4,6	4,0	3,9
	Всего	11,6	19,0	19,9	20,1	22,1
Прочие виды растительного масла		21,2	26,0	26,1	29,0	25,7
в т. ч. пальмоядровое масло		5,3	8,4	8,2	8,8	8,6
Итого		138,7	206,5	208,3	218,1	222,1
Базисный индекс структурных различий В. М. Рябцева	Значение	–	0,043	0,043	0,041	0,035
	Интерпретация	–	Весьма низкий уровень различий структур			

Примечание. Таблица составлена на основе данных Foreign Agricultural Service U.S. Department of Agriculture¹.
 Note. The table is compiled based on data from the Foreign Agricultural Service U.S. Department of Agriculture¹.

Таблица 2. Экспорт и импорт растительного масла в различных странах мира по сельскохозяйственным годам, млн т

Table 2. Export and import of vegetable oil in various countries of the world by agricultural year, million tons

Показатель, вид растительного масла		Страна, объединение	Сельскохозяйственный год				
			2009/10	2020/21	2021/22	2022/23	2023/24
Импорт	Соевое	Индия	1,6	3,2	4,2	4,0	3,3
		Китай	1,5	1,2	0,3	0,4	0,4
		Всего	8,7	11,7	11,7	11,1	10,6
	Рапсовое	Китай	0,8	2,4	1,0	2,4	2,0
		Страны ЕС	0,4	0,3	0,6	0,4	0,5
		Всего	2,9	6,3	5,2	6,5	7,5
	Подсолнечное	Страны ЕС	1,0	2,0	1,7	2,1	3,0
		Турция	0,2	1,3	0,8	1,7	1,5
		Всего	3,9	9,7	9,5	9,0	13,9
Экспорт	Соевое	Аргентина	4,4	6,1	4,9	4,1	5,5
		Бразилия	1,4	1,3	2,4	2,7	1,4
		Страны ЕС	0,4	1,1	1,0	0,9	0,7
		Россия	0,2	0,6	0,7	0,8	0,8
		Всего	9,1	12,6	12,4	11,7	11,8
	Рапсовое	Канада	1,8	3,4	2,6	3,3	3,4
		Всего	2,7	6,4	6,3	6,8	7,5
	Подсолнечное	Россия	0,5	3,1	3,7	4,0	4,3
		Украина	2,6	4,5	3,4	5,6	4,9
		Аргентина	0,8	0,9	0,9	1,1	1,3
		Всего	4,7	13,5	11,3	11,0	10,4
	Итого		57,4	87,3	85,4	79,6	88,6
Мировой экспорт без пальмового масла		22,5	37,2	35,7	39,2	41,7	
Удельный вес Аргентины, России, Украины, Канады в мировом экспорте (без пальмового масла). %		17,92	24,36	47,68	49,17	53,88	

Примечание. Таблица составлена на основе данных Foreign Agricultural Service U.S. Department of Agriculture².
 Note. The table is compiled based on data from the Foreign Agricultural Service U.S. Department of Agriculture².

¹ URL: <https://www.fas.usda.gov/data/oilseeds-world-markets-and-trade-07112025/>.

² Ibidem.

Структура потребления растительного масла в мире. Большая часть растительного масла в мировом масштабе используется в продовольственном обеспечении, в том числе при приготовлении пищи, а также при производстве дизельного топлива из биомассы (по оценкам ФАО ООН – 52,0 и 18,0 % соответственно¹). Среднедушевое потребление растительного масла в питании населения возросло с 13,6 кг в среднем за 2012–2014 гг. до 15,0 кг в среднем за 2022–2024 гг., или на 10,34 %. К 2034 г. прогнозируется дальнейшее его увеличение, но несколько меньшими темпами (+4,14 % к 2022–2024 гг.), что связано с различиями в формировании и использовании продовольственных ресурсов в странах с разным уровнем доходов населения²:

– в странах с высокими доходами: стабилизация среднедушевого использования растительного масла в пищу (например, в странах ЕС потребление в среднем за 2012–2014 гг. составляло 18,9 кг, в 2022–2024 гг. – 22,1 кг, прогноз на 2034 г. – 22,0 кг), расширение ассортимента пищевых растительных масел;

– в странах со средними доходами: изменение пищевых привычек и традиционных моделей питания, увеличение доли в питании обработанных продуктов с высоким содержанием растительного масла.

Объем растительного масла в качестве сырья для дизельного топлива на основе биомассы также увеличился: среднегодовой прирост за 2014–2024 гг. составил 7,70 %, к 2034 г. прогнозируется дальнейшее его увеличение, но несколько меньшими темпами – по 0,70 % в течение десятилетия. Этот сегмент стремительно развивается, однако спрос на данном рынке является зависимым от множества стимулирующих и препятствующих факторов, в т. ч. физической и экономической доступности сырья, ценовой конъюнктуры на рынке углеводородов, развития рынка электромобилей, государственной поддержки (льготное налогообложение, субсидии и т. д.) производителей/потребителей биотоплива и электромобилей.

Структурные сдвиги на российском рынке семян масличных культур и растительного масла. Производство растительных масел в России определяется размещением посевов подсолнечника, сои, рапса по регионам. Выращиванием подсолнечника в 2023–2024 гг. занимались сельскохозяйственные товаропроизводители 54 субъектов РФ, на долю 12 регионов (Белгородская, Воронежская, Тамбовская области, Краснодарский край, Волгоградская, Ростовская области, Ставропольский край, Оренбургская, Пензенская, Самарская, Саратовская области, Алтайский край) из Центрального, Южного, Северо-Кавказского, Приволжского, Сибирского федеральных округов приходилось 81,28–82,97 % общероссийского производства. Валовой сбор сои в 7 регионах (Белгородская, Воронежская, Курская, Орловская, Тамбовская области, Алтайский край, Амурская область) из Центрального, Сибирского, Дальневосточного федеральных округов достигал 64,65–66,15 % общероссийского производства соевых бобов. Крупные предприятия по производству соевого масла размещены в Амурской области, Хабаровском крае, Приморском крае, Белгородской, Тамбовской, Липецкой, Самарской, Оренбургской областях, т. е. в европейской части России и на Дальнем Востоке. Выращивание рапса осуществляется во всех федеральных округах страны, но концентрируется в 5 регионах (Алтайский и Красноярский край, Кемеровская, Новосибирская, Омская области) Сибирского федерального округа, которые обеспечивали 51,75–52,52 % общероссийского производства маслосемян рапса.

За период с 1995 по 2024 г. валовой сбор подсолнечника увеличился в 4,03 раза, рапса – в 34,11 раза, сои – в 24,31 раза. Более высокие показатели роста по сое и рапсу определены эффектом низкой базы, поскольку расширение посевной площади под соей наблюдалось лишь с 2010 г., под рапсом – с 2006 г. Рост валового сбора по подсолнечнику был обусловлен как увеличением посевной площади, так и изменением пространственного размещения его посевов по федеральным округам России, ростом урожайности. Если рассматривать увеличение валового сбора маслосемян подсолнечника за период 2010–2024 гг. на 11 562 тыс. т (с 5 347 тыс. т до 16 909 тыс. т), то основными факторами стали урожайность (вклад данного фактора – рост валового сбора на 8 874 тыс. т) и площадь уборки подсолнечника (вклад данного фактора – рост валового сбора на 3 561 тыс. т). Влияние структурного фактора было отрицательным, т. е. в структуре уборочной

¹ URL: https://www.oecd.org/en/publications/oecd-fao-agricultural-outlook-2025-2034_601276cd-en/full-report.html/.

² Ibidem.

площади увеличилась доля площадей федеральных округов с более низкой урожайностью. К таким федеральным округам относились Приволжский и Сибирский, их доля в общей уборочной площади подсолнечника за 2010–2024 гг. увеличилась с 39,81 до 55,52 %. Урожайность подсолнечника в Приволжском и Сибирском федеральных округах в 2010 г. была на 32,31–52,50 % ниже ее средней величины по стране, в 2024 г. – ниже на 6,60–14,39 %. Структурный фактор также способствовал снижению средней урожайности подсолнечника в целом по России за 2010–2020 гг. на 0,7 ц/га, за 2010–2024 гг. – на 0,9 ц/га (табл. 3).

Таблица 3. Урожайность и валовой сбор подсолнечника по федеральным округам России

Table 3. Yield and gross harvest of sunflower by federal districts of Russia

Федеральные округа	Валовой сбор, тыс. т			Урожайность, ц/га			
	2010 г.	2020 г.	2024 г.	2010 г.	2020 г.	2024 г.	
						ц/га	% к 2010 г.
Центральный	1 157	3 947	3 529	11,3	26,3	23,5	209,18
Южный	2 448	3 692	4 047	11,5	17,6	17,5	152,15
Северо-Кавказский	408	412	437	13,7	13,8	14,7	107,31
Приволжский	1 040	5 187	7 180	6,3	13,8	16,4	261,93
Сибирский	281	752	1 455	4,4	9,9	15,1	342,16
Прочие федеральные округа	13	82	262	6,9	11,1	15,6	226,98
Итого	5 347	14 072	16 909	9,3	16,6	17,6	189,83
Увеличение урожайности по сравнению с 2010 г., всего	–	–	–	–	7,3	8,3	–
в т. ч. за счет изменения структуры уборочной площади между федеральными округами	–	–	–	–	–0,7	–0,9	–

Примечание. Таблица составлена на основе данных ЕМИСС Росстата¹.

Note. The table is compiled based on data from the Rosstat's EMISS data¹.

Большая часть продукции выращивания масличных культур была направлена в переработку, что привело к увеличению не только объемов производства растительных масел, но и к развитию экспорта продукции. На протяжении всего анализируемого периода подсолнечное масло оставалось основой рынка растительных масел в России, однако его доля в формировании ресурсов рынка снизилась с 91,90–96,00 % в 1995–2005 гг. до 76,22 % в 2021–2024 гг., поскольку темпы роста объемов производства соевого и рапсового масел были выше, чем по растительному маслу. Если сравнивать современные объемы производства с 2010 г., то производство подсолнечного масла увеличилось до 6 725,6 тыс. т, или в 2,64 раза, соевого масла – до 983,6 тыс. т, или в 3,73 раза, рапсового масла – до 1 053,5 тыс. т, или в 5,76 раза (табл. 4). Рост сырьевой базы и выход российских товаропроизводителей на мировые рынки масложировой продукции способствовали активному вводу новых производственных мощностей промышленных организаций, однако динамика была различной в разные периоды: в 2010–2012 гг. ежегодно вводилось мощностей на переработку 1 160,8–1 883,4 т сырья в сутки; в 2014–2017 гг. – по 2 024,0–3 908,0 т; в 2018–2020 гг. – по 304,0–774,0 т; в 2022 г. было введено максимальное количество мощностей – 6 774,5 т/сут.

Концентрация российского рынка растительного масла. Высокая инвестиционная активность производителей растительного масла в России привела к концентрации рынка нерафинированных растительных масел к 2022 г. (сведения за 2023–2024 гг. по данному индикатору на Росстате не представлены). На долю крупнейших компаний, первых в рейтинге по объемам производства, приходилось:

– 32,18 % произведенного в России соевого масла – ГК «Содружество (международная диверсифицированная компания по переработке продукции выращивания масличных культур; основное производство соевого масла осуществляет на трех заводах в Калининградской области, с 2022–2023 гг. – дополнительно на двух заводах в Курской области, с 2024-го инвестирует в переработку соевых бобов на территории Амурской области и в третий завод в Курской области);

¹ URL: <https://fedstat.ru/>.

Таблица 4. Объемы производства растительного масла в России, тыс. т

Table 4. Production volumes of vegetable oil in Russia, thousand tons

Год	Виды растительного масла							
	подсолнечное		соевое		рапсовое		прочие	
	тыс. т	% к итогу	тыс. т	% к итогу	тыс. т	% к итогу	тыс. т	% к итогу
1995	737,0	91,90	39,7	4,95	5,0	0,62	20,3	2,53
2000	1 320,0	96,00	34,0	2,47	7,0	0,51	14,0	1,02
2005	2 088,0	94,91	40,9	1,86	8,0	0,36	63,1	2,87
2010	2 552,0	82,56	264,0	8,54	183,0	5,92	92,0	2,98
2015	3 693,0	79,25	560,0	12,02	378,0	8,11	29,0	0,62
2020	6 024,0	80,85	740,0	9,93	627,0	8,41	60,0	0,81
2021–2024 (в среднем)	6 725,6	76,22	983,6	11,15	1 053,5	11,94	61,1	0,69

Примечание. Таблица составлена на основе данных ЕМИСС Росстата¹.

Note. The table is compiled based on data from the Rosstat's EMISS data¹.

– 13,75 % подсолнечного масла – ГК «Русагро» (с 2003 г. активно инвестирует в производство масложировой продукции, занимается не только переработкой, но и выращиванием сельскохозяйственных культур, в том числе масличных, имеет развитый мясной и сахарный сегменты);

– 47,07 % рапсового масла – ОАО «Орелрастмасло».

На долю шести компаний в 2022 г. приходилось 58,86 % произведенного подсолнечного масла, 100,00 % – соевого и рапсового, рынок по всем видам растительных масел являлся олигополистическим. По сравнению с предыдущими годами конкуренция на рынке соевого и рапсового масел усилилась, поскольку до 2019 г. включительно рынок был монополистическим (табл. 5).

Таблица 5. Уровень концентрации производства растительного масла в России в крупнейших компаниях, %

Table 5. Concentration level of vegetable oil production in Russia at the largest companies, %

Количество крупнейших предприятий	Вид растительного масла	Кумулятивный удельный вес предприятий в общем производстве растительного масла					
		2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
1	Соевое	100,00	100,00	100,00	86,33	74,09	32,18
	Подсолнечное	26,39	33,06	32,85	25,07	16,14	13,75
	Рапсовое, горчичное	100,00	100,00	96,53	46,42	34,43	47,07
6	Соевое	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
	Подсолнечное	81,60	82,54	86,74	67,71	65,82	56,86
	Рапсовое, горчичное	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
10	Соевое	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
	Подсолнечное	97,39	96,44	96,34	82,32	80,97	76,83
	Рапсовое, горчичное	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
20	Соевое	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
	Подсолнечное	100,00	100,00	100,00	98,00	98,85	95,44
	Рапсовое, горчичное	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
25	Соевое	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
	Подсолнечное	100,00	100,00	100,00	99,95	99,98	99,43
	Рапсовое, горчичное	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Примечание. Таблица составлена на основе данных ЕМИСС Росстата².

Note. The table is compiled based on data from the Rosstat's EMISS data².

Крупные компании лидируют не только в производстве, но и в экспорте растительного масла. На долю пяти крупных компаний в 2021 г., если исходить из распределения экспортных квот, приходилось 54,95 % экспорта подсолнечного масла (11,91 % – АО «Астон», 15,97 % – ООО «КРЦ «Эфко-Каскад», от 8,87 % до 9,16 % – ООО «МЭЗ Юг Руси», ООО «Каргилл», ООО «Русагро-Балаково»), на долю 10 компаний – 76,93 %, 20 компаний – 97,82 %, на остальные компании – всего 2,8 %.

¹ URL: <https://fedstat.ru/>.

² Там же.

Динамика экспортных поставок определяется многими факторами, в том числе валовым сбором масличных культур в России, запасами сырья предыдущих лет, конкуренцией на мировых рынках, политикой в области производственного обеспечения и промышленного использования, экономической доступностью растительных масел как в России, так и в странах-импортерах.

Так, в *2020/21 сельскохозяйственном году* наблюдалось снижение экспорта преимущественно по подсолнечному маслу, что было связано с уменьшением объемов его производства, низкими запасами сырья. На фоне высокого спроса на мировых рынках и ограниченности предложения подсолнечного масла в России было усилено государственное регулирование в масложировом подкомплексе. В это же время в Турции, на которую приходится 28,0 % всего российского экспорта подсолнечного масла, были введены нулевые пошлины на его импорт. В Иране (27,0 % экспорта из России) рост популярности подсолнечного масла был определен ценовой конъюнктурой на рынке товаров-заменителей, цены на подсолнечное масло увеличивались, но более низкими темпами, чем на соевое и пальмовое масла.

В результате экспорт подсолнечного масла из России был достаточно привлекательным для его производителей, а снижение его запасов привело к росту цен на внутреннем рынке. Были введены плавающие экспортные пошлины на экспорт подсолнечного масла за пределы стран ЕАЭС сроком действия с 1 сентября 2021 г. до 31 августа 2022 г. Несмотря на то что на величине экспорта это практически не отразилось (поскольку в России началась переработка нового урожая масличных культур), влияние цен мировых рынков на цены внутрироссийского рынка было ограничено, и цены на подсолнечное масло стабилизировались.

В *2021/22 сельскохозяйственном году* экспорт подсолнечного масла и доходы экспортеров находились под влиянием не только рыночных, но и политических факторов: спрос на мировых рынках увеличивался, производство в России также росло, но в условиях геополитической ситуации, введения рядом западных стран финансовых и нефинансовых санкций против России, сложностей в логистике по Черному морю, а также волатильности национальной валюты экспортеры предлагали скидки к цене, что привело к повышению величины спроса на подсолнечное масло среди его импортеров, но снизило рентабельность его производства для российских экспортеров.

В *2022/23 сельскохозяйственном году* для снижения финансовых потерь экспортеров, стимулирования экспорта не семян подсолнечника, а растительного масла в России были установлены нулевые экспортные пошлины на подсолнечное масло с 1 октября 2022 г., увеличены экспортные пошлины на вывоз семян подсолнечника, соевых бобов, установлен запрет на экспорт семян рапса с 1 апреля 2022 г. по 31 августа 2022 г., кроме транспортировки через пограничный пункт Забайкальск, находящийся на границе с Китаем, и гуманитарных поставок (впоследствии запрет был продлен до 28 февраля 2023 г., до 31 августа 2023 г., до 29 февраля 2024 г., до 31 августа 2024 г.; запрет действовал с 1 октября 2022 г. до 31 августа 2024 г.). Состав стран-импортеров не изменился, но перераспределилась структура экспортных поставок по странам: увеличилась доля подсолнечного масла, экспортированного в Китай и Индию, оставалась стабильной по Египту, немного снизилась в Иран, существенно снизилась в Турцию (по причине увеличения в структуре ее импорта продукции из Украины, продаваемой с большой скидкой).

В *2023/24 сельскохозяйственном году* были сохранены пошлины на экспорт семян подсолнечника, соевых бобов, а запрет на экспорт семян рапса, действующий на протяжении двух лет, был заменен с 1 сентября 2024 г. на повышенную экспортную пошлину; для экспорта подсолнечного масла были установлены благоприятные условия как со стороны производства (рост валового сбора подсолнечника, высокие запасы сырья у сельскохозяйственных товаропроизводителей, рост загрузки производственных мощностей), так и со стороны потребителей-экспортеров (рост спроса, увеличение цен на мировых рынках), однако финансовая сторона сопровождения экспортных сделок повышала затраты экспортеров подсолнечного масла из России и не позволяла существенно изменить ценовую конъюнктуру на рынке семян масличных культур для сельскохозяйственных товаропроизводителей, рентабельность выращивания масличных культур в 2024 г. снизилась относительно предыдущих лет. Состав стран-импортеров тот же, но несколько изменилась структура экспортных поставок по странам: увеличилась доля подсолнечного масла, экспортированного в Египет

и Индию, снизилась по Ирану, в котором действовал временный запрет на импорт продукции из любых стран.

Китай и Индия на мировом рынке растительного масла, значимость России в импорте растительного масла этих стран. Китай и Индия выступают активными покупателями на рынке растительных масел: в 2020–2024 гг. на их долю пришлось 32,57–36,75 % мирового импорта рапсового масла, 19,35–29,33 % – соевого масла, 13,86–24,44 % – подсолнечного масла. При этом российские поставки растительных масел более значимы для Китая: если в 2020–2021 гг. ее удельный вес в импорте Китая по рапсовому маслу составлял 11,26–15,75 %, то в 2023–2024 гг. на фоне стабильного спроса он увеличился до 56,71–58,16 %, по соевому маслу – с 14,15–27,69 до 32,69–46,99 %, по подсолнечному маслу – с 28,33–37,68 до 51,86–64,35 %. А вот поставки российского растительного масла в Индию были значимы лишь по подсолнечному маслу, составляя в 2024 г. 51,42 % от всего импорта, что выше уровня 2020 г. на 33,43 п. п. Поставки соевого масла из России в Индию за 2020–2024 гг. увеличились с 54,0 тыс. т до 264,3 тыс. т (кроме 2021 г., когда поставок не было), что соответствовало увеличению ее доли с 1,44 до 6,37 % и повышению до 4-го места в списке экспортеров (табл. 6). Основными поставщиками соевого масла в Индию в 2024 г. были Аргентина (2 342,9 тыс. т, или 56,47 % всего импорта), Бразилия (740,2 тыс. т, или 17,84 %), Нидерланды (295,0 тыс. т, или 7,11 %).

Таблица 6. Импорт растительного масла в Китай и Индию, тыс. т

Table 6. Import of vegetable oil to China and India, thousand tons

Страна-импортер и вид растительного масла				2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Китай	Пальмовое			6 461,4	6 376,3	4 943,7	5 636,9	3 665,7
	Рапсовое	Всего		1 930,6	2 153,0	1 061,3	2 359,4	1 880,9
		в т. ч. из России	Всего	217,4	339,1	545,1	1 338,0	1 093,9
			% к итогу	11,26	15,75	51,36	56,71	58,16
	Соевое	Всего		960,8	1 109,9	343,5	412,9	282,1
		в т. ч. из России	Всего	266,1	157,1	66,4	134,9	132,6
			% к итогу	27,69	14,15	19,32	32,69	46,99
	Подсолнечное	Всего		1 953,5	1 282,9	605,0	1 520,9	1 091,7
		в т.ч. из России	Всего	736,0	363,5	216,8	788,8	702,5
			% к итогу	37,68	28,33	35,84	51,86	64,35
Прочие масла				1 596,5	1 533,5	1 350,5	1 523,9	1 484,2
Индия	Пальмовое			6 461,4	6 376,3	4 943,7	5 636,9	3 665,7
	Рапсовое	Всего		74,4	56,2	2,1	6,9	7,1
		в т. ч. из России	Всего	17,2	–	–	–	–
			% к итогу	23,14	–	–	–	–
	Соевое	Всего		3 738,9	3522,9	3 912,2	3 502,9	4 148,7
		в т. ч. из России	Всего	54,0	–	66,2	181,2	264,3
			% к итогу	1,44	–	1,69	5,17	6,37
	Подсолнечное	Всего		2 509,4	1 856,8	1 913,3	3 109,7	3 740,5
		в т. ч. из России	Всего	451,3	226,4	492,3	1 005,1	1 923,2
			% к итогу	17,99	12,19	25,73	32,32	51,42
Прочие масла				250,3	284,4	211,2	195,5	245,6
Удельный вес Китая и Индии в мировом импорте растительных масел, %		Рапсовое масло		36,75	32,57	35,35	33,67	34,92
		Соевое масло		29,33	24,39	19,35	28,14	27,96
		Подсолнечное масло		24,28	24,44	13,86	23,44	19,05

Примечание. Таблица составлена на основе данных Trade Map¹.

Note. The table is compiled based on data from the Trade Map¹.

Рынок анализируемых видов растительных масел в Индии и Китае характеризуется рядом особенностей, связанных с нехваткой собственного производства, ростом спроса и изменением его качественных характеристик (изменение структуры потребления по видам растительных масел,

¹ <https://www.trademap.org/Index.aspx/>.

способам отжима, таре, отнесению к органическому производству и т. д.). Крупные экспортеры подсолнечного масла России работают на рынках Китая и Индии как в формате B2B, так и в формате B2C, однако с 2022 г. в сложных геополитических условиях вынуждены были снизить цену на свою продукцию. С учетом увеличения доли России в импорте Китая и Индии по подсолнечному маслу изменение ценовой конъюнктуры привело к снижению средневзвешенных цен на импортируемую продукцию. В Китае за 2022–2024 гг. они снизились с $(1\,544,7 \pm 633,8)$ долл. США/т до $(931,1 \pm 146,0)$ долл. США/т, или на 34,41 % (произошло выравнивание цен по странам-поставщикам, коэффициент вариации цен снизился с 44,51 % в 2022 г. до 15,63 % в 2024 г.). В Индии снижение наблюдалось с $(1\,589,4 \pm 801,9)$ долл. США/т до $(989,4 \pm 189,1)$ долл. США/т, или на 37,75 % (произошло выравнивание цен по странам-поставщикам, коэффициент вариации цен снизился с 50,45 % в 2022 г. до 19,12 % в 2024 г.). Проведенный нами индексный анализ цен позволил выявить, что географические сдвиги в импорте по странам повлияли на снижение цен (индекс структурных сдвигов по цене в Китае составил 0,991, в Индии – 0,992), т. е. в структуре импортеров увеличилась доля стран, реализующих свою продукцию по более низким ценам, в частности России. Географические сдвиги по странам-поставщикам также способствовали снижению цен на соевое масло (индекс структурных сдвигов за 2022–2024 гг. по цене в Китае составил 0,985, в Индии – 0,993).

Заключение. В ходе проведенных исследований были сделаны следующие выводы.

1. Мировой рынок растительных масел характеризуется устойчивым ростом по всем их видам, что связано с увеличением численности населения в мировом масштабе, изменением среднедушевых доходов населения по странам, а также пищевых привычек населения, увеличением производства биотоплива. На мировом рынке растительных масел преобладают пальмовое, соевое, рапсовое, подсолнечное масла, на долю которых в производстве в 2023/24 сельскохозяйственном году приходилось 88,44 %. При этом в странах-экспортерах усиливается государственное регулирование в сфере производства и внешнеэкономической деятельности субъектов АПК. Это связано с повышением экологических требований к сельскохозяйственному производству, а также со стремлением государств обеспечить своим гражданам физическую и экономическую доступность продовольствия.

2. Рынок соевого, рапсового, подсолнечного масел является олигополистическим. Цены на мировых рынках зависят от цен на пальмовое масло, валового сбора масличных культур, конкуренции между странами-экспортерами, политики в области формирования и использования ресурсов растительных масел как в странах-экспортерах, так и в странах-импортерах. Основной проблемой формирования и развития мировых рынков растительных масел является несоответствие между спросом и предложением (увеличению валового сбора масличных культур препятствуют климатические изменения и повышение экологических требований к сельскохозяйственному производству, деградация земель, возникновение локальных эпифитотий растений). Это делает инновационную деятельность и адаптацию к меняющимся условиям окружающей среды критически важными для агропромышленного комплекса.

3. Производство растительных масел в России концентрируется в регионах, где выращиваются масличные культуры (подсолнечник – 12 регионов, рапс – 5 регионов, соя – 7 регионов). Увеличение валового сбора масличных культур определено количественным (расширение посевной площади), качественным (повышение урожайности) факторами, однако структурный фактор действует отрицательно, т. е. в распределении посевной площади по регионам России повысилась доля регионов с более низкой урожайностью. Увеличение валового сбора масличных культур, ввод новых мощностей по производству растительного масла способствовали росту экспорта и активной интеграции крупных хозяйствующих субъектов России в мировые рынки. Российский рынок по всем видам растительных масел – олигополистический: на долю шести компаний в 2022 г. приходилось 58,86 % произведенного подсолнечного масла, 100,00 % – соевого и рапсового.

4. Большая часть экспорта подсолнечного, рапсового, соевого масел из России направляется в Китай, Индию, Турцию, Египет, Иран. Рост доли России в формировании ресурсов подсолнечного, соевого масел Китая и Индии привело к снижению средневзвешенных цен на продукцию, импортируемую в эти страны, выравниванию цен по странам-поставщикам. Перспективы роста

российского экспорта растительных масел зависят от повышения объемов производства за счет сельского хозяйства и промышленности, обеспечения внутренней доступности продовольствия, снижения логистических издержек, соблюдения государственных регуляторных требования, а также от соответствия экспортируемой продукции международным стандартам качества и пищевым предпочтениям населения стран-импортеров. Таким образом, экспорт растительного масла из России в Китай и Индию имеет большие перспективы, однако требует комплексного подхода и активного взаимодействия всех участников рынка.

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда «Мониторинг эффективности воспроизводственных процессов регионального сельского хозяйства в условиях трансформации его территориально-отраслевой структуры, холдингизации аграрного производства, государственного регулирования продовольственных рынков и экспортной деятельности субъектов АПК» (№ 24-28-20309).

Acknowledgements. The study was funded by a grant from the Russian Science Foundation “Monitoring the Effectiveness of Regional Agriculture’s Reproduction Processes in the Context of Transforming Its Territorial and Sectoral Structure, Agricultural Production Holding, State Regulation of Food Markets, and Export Activities of Agricultural Enterprises” (No. 24-28-20309).

Список использованных источников

1. Банникова, Н. В. Российский экспорт подсолнечного масла: тенденции и факторы развития / Н. В. Банникова, Н. В. Воробьева, Е. Г. Пупынина // Аграрный вестник Урала. – 2022. – № 1 (216). – С. 76–85. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2022-216-01-76-85>
2. Бородин, К. Г. Развитие российского экспорта подсолнечного масла / К. Г. Бородин, Е. Ю. Фролова // Российский внешнеэкономический вестник. – 2019. – № 6. – С. 48–64.
3. Тенденции развития внешней торговли Республики Беларусь агропродовольственными товарами / В. Г. Гусаков, Н. В. Карпович, Е. П. Макуценя, К. М. Жевнерович // Научные принципы регулирования развития АПК: предложения и механизмы реализации, 2022 / Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси; редкол.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск, 2022. – С. 17–30.
4. Закшевская, Е. В. Динамика внешней торговли предприятий масложирового подкомплекса российского АПК / Е. В. Закшевская, Н. М. Шевцова // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2023. – Т. 16, № 2. – С. 249–257. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_249
5. Киреенко, Н. В. Развитие устойчивого экспорта агропродовольственных товаров Республики Беларусь на рынках Алжира и Египта / Н. В. Киреенко // Экономические вопросы развития сельского хозяйства Беларуси: межведомств. темат. сб. / Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси. – Минск, 2024. – Вып. 52. – С. 153–174.
6. Медведева, Н. А. Россия в международной торговле продовольствием / Н. А. Медведева // Экономика сельского хозяйства России. – 2022. – № 8. – С. 100–107. <https://doi.org/10.32651/228-100>
7. Мощенко, О. В. Оценка экспортных возможностей масложирового подкомплекса АПК России / О. В. Мощенко // Проблемы теории и практики управления. – 2022. – № 1. – С. 163–186. <https://doi.org/10.46486/0234-4505-2022-01-164-187>
8. Ушачев, И. Г. Современные тенденции развития внешней торговли агропродовольственной продукции в России / И. Г. Ушачев, В. В. Маслова, М. В. Авдеев // АПК: экономика, управление. – 2020. – № 5. – С. 4–15. <https://doi.org/10.33305/205-4>
9. Шелковников, С. А. Перспективы развития масличного производства в Красноярском крае / С. А. Шелковников, К. В. Чепелева // Экономика сельского хозяйства России. – 2023. – № 3. – С. 87–95. <https://doi.org/10.32651/233-87>
10. Войтко, И. А. Тенденции развития государств – членов Евразийского экономического союза в условиях международных экономических санкций и ограничений / И. А. Войтко // Агропанорама. – 2025. – № 1. – С. 42–48.
11. Долгова, С. А. Современные тенденции и перспективы развития масложирового производства / С. А. Долгова, О. В. Борода // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 1. – С. 218–229.
12. Динамика и структура производства масличных культур в России / Э. Г. Имескенова, Г. Е. Кокиева, Д. Ц. Гармаев, Е. Н. Ванчикова // Экономика сельского хозяйства России. – 2024. – № 1. – С. 63–68. <https://doi.org/10.32651/241-63>
13. Киреенко, Н. В. Перспективы расширения экспорта агропродовольственных товаров Республики Беларусь на рынках стран Азии / Н. В. Киреенко // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2024. – Т. 62, № 2. – С. 95–113. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2024-62-2-95-113>
14. Логинова, В. А. Перспективы расширения российского экспорта сои и продуктов ее переработки / В. А. Логинова, Е. В. Мурашова // АПК: экономика, управление. – 2023. – № 7. – С. 99–109. <https://doi.org/10.33305/237-99>
15. Su, C. W. Do geopolitical risks impede the global supply chain? / C. W. Su, R. Dong, M. Qin // Finance Research Letters. – 2025. – Vol. 85, pt. A. – Art. 107811. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2025.107811>
16. The impact of trade policy on global supply chain network equilibrium: a new perspective of product-market chain competition / P. Feng, X. Zhou, D. Zhang [et al.] // Omega. – 2022. – Vol. 109. – Art. 102612. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2022.102612>
17. Котковец, Н. Н. Развитие производственного потенциала агропромышленного комплекса Республики Беларусь в контексте тенденций мирового рынка продовольствия / Н. Н. Котковец, С. А. Кондратенко // Весці Нацыянальнай

академіі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2024. – Т. 62, № 1. – С. 7–21. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2024-62-1-7-21>

18. On the palm oil-biodiversity trade-off: Environmental performance of smallholder producers / B. Dalheimer, I. Parikoglou, F. Brambach [et al.] // *Journal of Environmental Economics and Management*. – 2024. – Vol. 125. – Art. 102975. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2024.102975>

19. Economic transformation based on leading commodities through sustainable development of the oil palm industry / F. Hariyanti, A. Syahza, Zulkarnain, Nofrizal // *Heliyon*. – 2024. – Vol. 10, № 4. – Art. e25674. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25674>

20. A holistic mitigation model for net zero emissions in the palm oil industry / N. F. Jamaludin, Z. Ab Muis, H. Hashim [et al.] // *Heliyon*. – 2024. – Vol. 10, № 6. – Art. e27265. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27265>

21. Mora, J. Economic development and export diversification: the role of trade costs / J. Mora, M. Olabisi // *International Economics*. – 2023. – Vol. 173. – P. 102–118. <https://doi.org/10.1016/j.inteco.2022.11.002>

22. Cheong, J. Do preferential trade agreements stimulate high-tech exports for low-income countries? / J. Cheong // *Economic Modelling*. – 2023. – Vol. 127. – Art. 106465. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2023.106465>

23. Biofuel policies and their ripple effects: an analysis of vegetable oil price dynamics and global consumer responses / F. Declerck, P. Hikouatcha, G. Tchoffo, R. Tédongap // *Energy Economics*. – 2023. – Vol. 128. – Art. 107127. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.107127>

24. Lastauskas, P. How do firms adjust when trade stops? / P. Lastauskas, A. Proškutė, A. Žaldokas // *Journal of Economic Behavior & Organization*. – 2023. – Vol. 216. – P. 287–307. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2023.09.004>

25. Румянцев, Н. М. Определение отраслевых приоритетов структурной трансформации региона на основе поиска перспективных экономических специализаций / Н. М. Румянцев, Е. Г. Леонидова, Е. С. Губанова // *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз*. – 2022. – Т. 15, № 6. – С. 94–109. <https://doi.org/10.15838/esc.2022.6.84.5>

26. Stefano, V. D. Biodiversity loss, climate change, and Nature Restoration Law in the modern legal system of the European Union / V. D. Stefano, S. D'Alessandro, G. D. Domenico // *Environmental sustainability and global change* / ed. L. Salvati. – Rome, 2025. – P. 245–256. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-31596-1.00017-9>

References

1. Bannikova N. V., Vorobyeva N. V., Pupynina E. G. Russian export of sunflower oil: trends and development factors. *Agrarnyi vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*, 2022, no. 1 (216), pp. 76–85 (in Russian). <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2022-216-01-76-85>

2. Borodin K. G., Frolova E. Yu. Development of Russia's sunflower oil exports. *Rossiiskii vneshneekonomicheskii vestnik = Russian Foreign Economic Journal*, 2019, no. 6, pp. 48–64 (in Russian).

3. Gusakov V. G., Karpovich N. V., Makutsenya E. P., Zhevnerovich K. M. Trends in the development of foreign trade in agricultural products in the Republic of Belarus. *Nauchnye printsiipy regulirovaniya razvitiya APK: predlozheniya i mekhanizmy realizatsii, 2022* [Scientific principles of regulation of the development of the agro-industrial complex: proposals and implementation mechanisms, 2022]. Minsk, 2022, pp. 17–30 (in Russian).

4. Zakshevskaya E. V., Shevtsova N. M. Dynamics of foreign trade of enterprises in oil and fat subcomplex of the Russian Agro-Industrial Complex. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*, 2023, vol. 16, no. 2, pp. 249–257 (in Russian). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_249

5. Kireenko N. V. Development of sustainable export of agri-food products of the Republic of Belarus to the markets of Algeria and Egypt. *Ekonomicheskie voprosy razvitiya sel'skogo khozyaistva Belarusi: mezhdovedstvennyi tematicheskii sbornik = Economic issues of agricultural development of Belarus: interdepartmental thematic collection*. Minsk, 2024, iss. 52, pp. 153–174 (in Russian).

6. Medvedeva N. A. Russia in International Food Trade. *Ekonomika selskogo khozyaistva Rossii = Economics of Agriculture of Russia*, 2022, no. 8, pp. 100–107 (in Russian). <https://doi.org/10.32651/228-100>

7. Moshchenko O. V. Assessment of export opportunities for the oil and fat subcomplex of the Agro Industrial Complex of Russia. *Problemy teorii i praktiki upravleniya = Problems Theories and Practices Management*, 2022, no. 1, pp. 163–186 (in Russian). <https://doi.org/10.46486/0234-4505-2022-01-164-187>

8. Ushachev I. G., Maslova V. V., Avdeev M. V. Modern trends in the development of foreign trade in Agro-Food Products in Russia. *APK: ekonomika, upravlenie = AIC: Economics, Management*, 2020, no. 5, pp. 4–15 (in Russian). <https://doi.org/10.33305/205-4>

9. Shelkovnikov S. A., Chepeleva K. V. Development potential for oilseed production in Krasnoyarsk territory. *Ekonomika sel'skogo khozyaistva Rossii = Economics of Agriculture of Russia*, 2023, no. 3, pp. 87–95 (in Russian). <https://doi.org/10.32651/233-87>

10. Voitko I. A. Trends in the development of member states of the Eurasian Economic Union under international economic sanctions and restrictions. *Agropanorama*, 2025, no. 1, pp. 42–48 (in Russian).

11. Dolgova S. A., Boroda O. V. Current trends and prospects for the development of fat-and-oil production. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*, 2023, no. 1, pp. 218–229 (in Russian).

12. Imeskenova E. G., Kokieva G. E., Garmaev D. Ts., Vanchikova E. N. Dynamics and structure of oilseed production in the Russia. *Ekonomika sel'skogo khozyaistva Rossii = Economics of Agriculture of Russia*, 2024, no. 1, pp. 63–68 (in Russian). <https://doi.org/10.32651/241-63>

13. Kireyenka N. V. Prospects for expanding the export of agricultural food products of the Republic of Belarus to the markets of Asian countries. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2024, vol. 62, no. 2, pp. 95–113 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2024-62-2-95-113>
14. Loginova V. A., Murashova E. V. Prospects for the expansion of Russian exports of soybeans and products of its processing. *APK: ekonomika, upravlenie = AIC: Economics, Management*, 2023, no. 7, pp. 99–109 (in Russian). <https://doi.org/10.33305/237-99>
15. Su C. W., Dong R., Qin M. Do geopolitical risks impede the global supply chain? *Finance Research Letters*, 2025, no. 85, art. 107811. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2025.107811>
16. Feng P., Zhou X., Zhang D., Chen Z., Wang S. The impact of trade policy on global supply chain network equilibrium: a new perspective of product-market chain competition. *Omega*, 2022, vol. 109, art. 102612. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2022.102612>
17. Kotkovets N. N., Kondratenko S. A. Development of production potential of agro-industrial complex of the Republic of Belarus in the context of trends in global food market. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2024, vol. 62, no. 1, pp. 7–21 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2024-62-1-7-21>
18. Dalheimer B., Parikoglou I., Brambach F., Yanita M., Kreft H., Brümmer B. On the palm oil-biodiversity trade-off: environmental performance of smallholder producers. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2024, vol. 125, art. 102975. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2024.102975>
19. Hariyanti F., Syahza A., Zulkarnain, Nofrizal. Economic transformation based on leading commodities through sustainable development of the oil palm industry. *Heliyon*, 2024, vol. 10, no. 4, art. e25674. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25674>
20. Jamaludin N. F., Ab Muis Z., Hashim H., Mohamed O. Y., Keng L. L. A holistic mitigation model for net zero emissions in the palm oil industry. *Heliyon*, 2024, vol. 10, no. 6, art. e27265. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27265>
21. Mora J., Olabisi M. Economic development and export diversification: the role of trade costs. *International Economics*, 2023, vol. 173, pp. 102–118. <https://doi.org/10.1016/j.inteco.2022.11.002>
22. Cheong J. Do preferential trade agreements stimulate high-tech exports for low-income countries? *Economic Modelling*, 2023, no. 127, art. 106465. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2023.106465>
23. Declerck F., Hikouatcha P., Tchoffo G., Tédongap R. Biofuel policies and their ripple effects: an analysis of vegetable oil price dynamics and global consumer responses. *Energy Economics*, 2023, no. 128, art. 107127. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.107127>
24. Lastauskas P., Proškutė A., Žaldokas A. How do firms adjust when trade stops? *Journal of Economic Behavior & Organization*, 2023, no. 216, pp. 287–307. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2023.09.004>
25. Rumyantsev N. M., Leonidova E. G., Gubanova E. S. Defining sectoral priorities of the region's structural transformation by searching for promising economic specializations. *Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz = Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 2022, vol. 15, no. 6, pp. 94–109 (in Russian). <https://doi.org/10.15838/esc.2022.6.84.5>
26. Stefano V. D., D'Alessandro S., Domenico G. D. Biodiversity loss, climate change, and Nature Restoration Law in the modern legal system of the European Union. *Environmental sustainability and global change*. Rome, 2025, pp. 245–256. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-31596-1.00017-9>

Информация об авторах

Воробьев Сергей Петрович – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики и эконометрики, Алтайский государственный университет (пр-т Ленина, 61, 656049, Барнаул, Российская Федерация). E-mail: servsp@mail.ru

Воробьева Виктория Владимировна – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры финансов и кредита, Алтайский государственный университет (пр-т Ленина, 61, 656049, Барнаул, Российская Федерация). E-mail: vvvtoria@mail.ru

Information about the authors

Sergey P. Vorobyov – Ph. D. (Economics), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economics and Econometrics, Altai State University (61, Lenin Ave., 656049, Barnaul, Russian Federation). E-mail: servsp@mail.ru

Victoria V. Vorobyova – Ph. D. (Economics), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Finance and Credit, Altai State University (61, Lenin Ave., 656049, Barnaul, Russian Federation). E-mail: vvvtoria@mail.ru

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

ЗЕМЛЯРОБСТВА І РАСЛІНАВОДСТВА

AGRICULTURE AND PLANT CULTIVATION

УДК 633.521:631.527.8(476)
<https://doi.org/10.29235/1817-7204-2025-63-4-298-304>

Поступила в редакцию 06.02.2025
Received 06.02.2025

В. З. Богдан, Т. М. Богдан, М. А. Литарная, С. А. Иванов

Институт льна, Национальная академия наук Беларуси, Устье, Республика Беларусь

НОВЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ЛЬНА-ДОЛГУНЦА

Аннотация. Современные научно обоснованные селекционные программы ориентированы на создание сортов сельскохозяйственных культур, характеризующихся высоким качеством продукции и стабильностью реализации генетического потенциала растений по признакам, определяющим урожайность и качество. Лен-долгунец в этом отношении не является исключением. Для Республики Беларусь это традиционная культура, символизирующая не только самообеспеченность и достаток, но и здоровье людей. Селекция льна-долгунца в нашей стране имеет богатый опыт и традиции успешного производства сортов с отличными потребительскими качествами. Только в течение последних 10 лет отечественными селекционерами создано 17 новых сортов различных групп спелости. Учеными Института льна совместно с коллегами из Института генетики и цитологии НАН Беларуси, Белорусской сельскохозяйственной академии, Белорусского государственного технологического университета разработаны новые методологические подходы для оценки и отбора ценных генотипов на основе сканирующей микроскопии, электрофореза, ДНК-маркирования. На основе скрининга сортов по декортикационной способности, динамике, степени и равномерности процесса приготовления льнотресты обоснована целесообразность применения данного метода для оценки селекционного материала льна-долгунца. В результате изучения образцов в питомнике селекционного сортоиспытания по продуктивности, динамике вылежки, а также равномерности отделяемости тресты по длине стеблей на основе генотипа 40Н_{4.3-2.3-2} создан сорт Акцент. Наряду с высокой урожайностью, сорт характеризуется хорошей динамикой вылежки тресты, равномерностью отделяемости тресты по длине стебля, что в совокупности с физико-механическими характеристиками обеспечивает высокое качество длинного волокна.

Ключевые слова: лен-долгунец, селекция, сорт, сортообразец, вылежка, отделяемость тресты, качество волокна

Для цитирования: Новый метод оценки селекционного материала льна-долгунца / В. З. Богдан, Т. М. Богдан, М. А. Литарная, С. А. Иванов // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сэрыя аграрных навук. – 2025. – Т. 63, № 4. – С. 298–304. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2025-63-4-298-304>

Viktor Z. Bogdan, Tatiana M. Bogdan, Marina A. Litarnaya, Sergey A. Ivanov

Institute of Flax, National Academy of Sciences of Belarus, Ustye, Republic of Belarus

A NEW METHOD FOR EVALUATING FIBRE FLAX BREEDING MATERIAL

Abstract. Modern scientifically based breeding programs are focused on the creation of varieties of agricultural crops characterized by high quality of products and stable implementation of the genetic potential of plants according to traits that determine yield and quality. Fibre flax is no exception in this regard. For the Republic of Belarus, this is a traditional crop that symbolizes not only originality and prosperity, but also human health. Fibre flax breeding in our country is of extensive experience and traditions of successful production of varieties with excellent consumer qualities. Only over the past 10 years, domestic breeders have created 17 new varieties of various maturity groups. Scientists of the Institute of Flax together with colleagues from the Institute of Genetics and Cytology of the National Academy of Sciences of Belarus, the Belarusian Agricultural Academy and the Belarusian State Technological University have developed new methodological approaches for the assessment and selection of valuable genotypes based on scanning microscopy, electrophoresis and DNA marking. Based on the screening of varieties for decortication ability, dynamics, degree and uniformity of the flax straw preparation process, the expediency of using this method for assessing the selection material of fiber flax is substantiated in this paper. As a result of studying the samples in the nursery of selection variety according to productivity, aging dynamics, as well as uniformity of rake separation along the length of the stems, the Accent variety was created based on the genotype 40H_{4.3-2.3-2}. Along with high productivity, the variety is characterized by good rake dynamics, uniformity of rake separation along the length of the stem, which, together with the physical and mechanical characteristics, ensures high quality of long fiber.

Keywords: fibre flax, selection, variety, variety sample, aging, rake separation, fiber quality

For citation: Bogdan V. Z., Bogdan T. M., Litarnaya M. A., Ivanov S. A. A new method for evaluating fibre flax breeding material. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2025, vol. 63, no. 4, pp. 298–304 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2025-63-4-298-304>

Введение. Лен представляет собой уникальную культуру, потенциал которой необычайно велик для многих отраслей экономики. В Республике Беларусь лен-долгунец является традиционной национальной прядильной культурой. Для отечественной текстильной промышленности льноволокно – это практически единственное натуральное экологически чистое целлюлозное сырье, ресурсы которого воспроизводятся ежегодно. Вместе с тем в настоящее время представление о престижности возделывания льна-долгунца меняется не только в Республике Беларусь, но и в европейских странах. По объемам производства льноволокна Беларусь занимает третье место в мире, уступая Франции и Бельгии. Белорусский лен хорошо известен в сопредельных странах (Россия, Украина, Литва) и некоторых странах дальнего зарубежья (Китай, Турция) [1–3].

Республика Беларусь располагает всеми необходимыми условиями для выращивания льна-долгунца, такими как умеренный климат, содержащая все необходимые элементы питания почва, достаточно длинный световой день. Существующее разнообразие почвенно-климатических условий зоны возделывания льна-долгунца вызывает необходимость проводить более масштабную работу по созданию адаптивного потенциала льноводства, обеспечивающего технологическую стабилизацию биологических параметров (урожай и качество), где одну из основных ролей играет сорт [4–6].

Одним из стратегических направлений в селекции льна-долгунца является улучшение качественных характеристик получаемого волокна. При этом актуальным остается поиск надежных методов оценки селекционного материала и критериев, по которым следует вести отбор. Совершенствование методологии селекции льна-долгунца служит инструментом прогресса и вносит в селекционный процесс элементы инновационности исследований, что является одним из приоритетов развития аграрной науки в Республике Беларусь [7–12].

Цель исследований – усовершенствование методологии оценки селекционного материала льна-долгунца на основе анализа динамики вылежки льнотресты, ее равномерности по длине стеблей и создание на этой основе нового сорта.

Объекты и методы исследований. Исследования выполнены в РУП «Институт льна» в 2016–2017 гг. и в 2020–2022 гг. Объектами исследований являлись сорта, селекционные сортообразцы льна-долгунца 5-го этапа селекционного процесса (питомник селекционного сортоиспытания), стебли и волокно селекционных образцов льна-долгунца.

Изучение селекционного материала проводили согласно методическим указаниям по селекции льна-долгунца¹. Уход за посевами осуществляли согласно отраслевому регламенту по возделыванию льна-долгунца². Для определения степени вылежки и времени подъема тресты брали пробы (пытки) с периодичностью 3–4 сут. В процессе вылежки декортикационную способность определяли по показателю «отделяемость волокна от древесной части стебля» при помощи прибора для определения отделяемости волокна (ООВ). Оценку качества длинного трепаного волокна селекционных образцов проводили по методике ЦНИИЛВ и действующему стандарту³ [13].

Гидротермические условия периодов вегетации растений и приготовления льнотресты за период исследований различались ярко выраженными контрастами, что создавало адекватные предпосылки для оценки продуктивных свойств и неадекватные – для приготовления высококачественной тресты селекционных образцов льна-долгунца.

Результаты и их обсуждение. Одной из основных причин низкого качества льноволокна является неоднородность его по цвету, формируемая в процессе вылежки льнотресты. Повышенная

¹ Селекция и первичное семеноводство льна-долгунца: метод. указания / В. П. Понажев, Л. Н. Павлова, Т. А. Рожмина [и др.]. Тверь: Твер. гос. ун-т, 2014. 140 с.

² Возделывание и уборка льна-долгунца. Типовые технологические процессы: отраслевой регламент: принят 24.07.2019; вступ. в силу 25.07.2019. Минск: Ин-т льна, 2019. 15 с.

³ Волокно льняное трепаное длинное. Технические условия: СТБ 1195-2008. Взамен СТБ 1195-99; введ. 30.04.2008. Минск: Госстандарт, 2008. 18 с.

декортикационная способность и равномерность распределения волокон по длине стебля являются основными составляющими, позволяющими получить однородное волокно (при соблюдении технологии его производства), а также обеспечить низкую заостренность не только длинного, но и короткого волокна [7].

Оптимизация уборки и заготовки высококачественной льнотресты – это система технологических и организационных мероприятий, где сорт выступает как важный самостоятельный фактор управления этим процессом. Тресту следует поднимать при достижении оптимальной вылежки (отделяемость не менее 4,1 ед.)¹ [1].

В течение 2016–2017 гг. нами проведены исследования по определению оптимальных параметров отделяемости, а также ориентировочный период уборки каждого сорта, при которых сохраняется высокое качество получаемого льноволокна. В исследованиях было задействовано 13 сортов льна-долгунца, включенных в Государственный реестр сортов, в том числе 7 сортов селекции РУП «Институт льна». Была установлена положительная корреляция слабой силы между отделяемостью и содержанием общего волокна ($r = 0,24 \pm 0,13$), из чего следует, что увеличение отделяемости имеет тенденцию увеличения выхода общего волокна. Выявлено, что показатель отделяемости практически не влияет на содержание длинного волокна ($r = 0,09 \pm 0,02$). Установлена слабая положительная корреляция ($r = 0,14 \pm 0,08$) между отделяемостью и номером длинного волокна, что свидетельствует о слабой зависимости повышения номера при увеличении отделяемости.

Выявлены существенные различия по скорости, динамике, равномерности и степени вылежки льносырья в зависимости от сорта. Высокой декортикационной способностью и скоростью вылежки характеризуются сорта Мара и Веста (отделяемость 3,9–4,1 ед. на 7-е сутки). Несколько замедленными начальными темпами проходила вылежка у сортов Ярок, Грант, Лада (отделяемость 4,9 ед. на 12-е сутки). Наиболее равномерной динамикой вылежки характеризуются сорта Мара и Лада.

По длине стеблей (комлевая, срединная и верхушечная части) наиболее равномерно процесс мацерации проходил у сортов Лада, Левит 1 и Ласка. Разница по отделяемости в различных частях стебля у них составила: Лада и Левит 1 – 1,6 ед., Ласка – 1,9 ед. Контрастным по данному признаку является сорт Ярок с разницей в отделяемости 3,2 ед. Сорта с более равномерной вылежкой по длине стеблей обеспечили и более высокое качество льноволокна. Лучшее качество волокна показал сорт Лада – номер 13,5 при отделяемости тресты 5,4 ед. Номер волокна 12,5 и 12,0 имели сорта Ласка и Левит 1 соответственно [1, 14].

Скрининг сортов по декортикационной способности и равномерности отделяемости тресты по длине стебля определил целесообразность применения данного метода оценки сортообразцов льна-долгунца на заключительных этапах селекции (в контрольном питомнике и питомнике селекционного сортоиспытания).

Трехлетнее изучение (2020–2022 гг.) шести сортообразцов льна-долгунца в питомнике селекционного сортоиспытания показало, что наибольшей продуктивностью характеризовался образец 40Н₄₋₃₋₂₋₃₋₂. Он же обеспечил и наиболее высокое качество длинного трепаного волокна – номер 12 (табл. 1).

В процессе приготовления льнотресты были выявлены существенные различия по степени и равномерности вылежки в зависимости от изучаемых сортообразцов (рис. 1).

Интенсивность процесса мацерации у изучаемых образцов проходила неодинаково. Наиболее равномерно в сложившихся погодных условиях вылежка проходила у образцов 40Н₄₋₃₋₂₋₃₋₂, 13Н₅₋₂₋₂₋₁₋₃₋₃ и 23Н₉₋₂₋₂₋₂₋₂. Контрастными им по интенсивности мацерации были образцы 28Н₃₋₁₋₁₋₁₋₁, 32Н₃₋₂₋₂₋₃₋₂₋₃ и 1П₄₋₅₋₁₋₄.

При анализе данных по отделяемости в различных частях стебля были выявлены образцы, у которых процесс мацерации проходил наиболее равномерно. Наименьшую разность по отделяемости в различных частях стебля имели селекционные номера 40Н₄₋₃₋₂₋₃₋₂ и 13Н₅₋₂₋₂₋₁₋₃₋₃ (0,8 и 1,5 ед. соответственно). Существенно различались по данному показателю номера 28Н₃₋₁₋₁₋₁₋₁ (2,5 ед.) и 32Н₃₋₂₋₂₋₃₋₂₋₃ (2,3 ед.). У контроля разность по отделяемости в различных частях стебля составила 2,5 единицы (рис. 2). Среди изучаемых селекционных номеров образец 40Н₄₋₃₋₂₋₃₋₂ обеспечил самый высокий номер длинного волокна – 12 (расчетный номер – 11,79).

¹ Треста льняная. Требования при заготовках: СТБ 1194-2024. Взамен СТБ 1194-2007; введ. 23.12.2024. Минск: Госстандарт, 2025. 14 с.

Таблица 1. Урожайность и качество льнопродукции сортообразцов льна-долгунца (питомник селекционного сортоиспытания, среднее за 2020–2022 гг.)

Table 1. Yield and quality of flax products of fibre flax varieties (nursery for selection variety testing, average for 2020–2022)

Показатель	32Н ₃₋₂₋₂₋₃₋₂₋₃	13Н ₅₋₂₋₂₋₁₋₃₋₃	28Н ₃₋₁₋₁₋₁₋₁	40Н ₄₋₃₋₂₋₃₋₂	П ₄₋₅₋₁₋₄	23Н ₉₋₂₋₂₋₂₋₂	Контроль*	НСП ₀₅
Урожайность, ц/га:								
семян	5,4	5,8	4,1	7,0	4,4	3,9	6,5	0,7–0,8
тресты	51,6	53,1	53,5	58,5	53,9	55,1	50,4	3,5–4,1
общего волокна	17,9	18,1	19,0	20,7	17,3	18,1	17,7	1,5–2,0
длинного волокна	13,6	13,5	13,1	16,4	12,4	12,8	13,3	1,7–2,2
Номер длинного трепаного волокна	11	11	11	12	11	10	11	0,5–0,6

* 2020–2021 гг. – средний контроль (сорта Могилевский и Арамис); 2022 г. – контроль (сорт Надежный).

* 2020–2021 – average control (Mogilevsky and Aramis varieties); 2022 – control (Nadezhny variety).

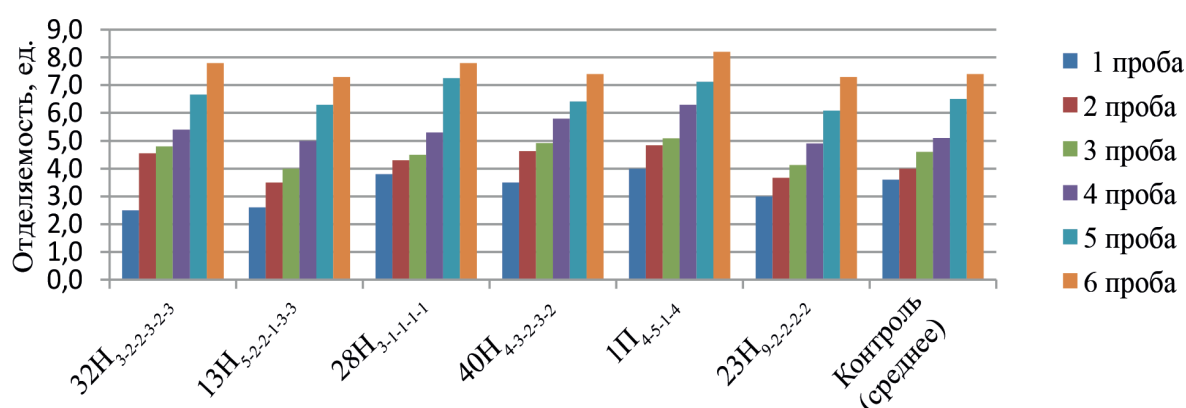


Рис. 1. Динамика отделяемости волокна у сортообразцов льна-долгунца в питомнике секционного сортоиспытания, среднее за 2020–2022 гг.

Fig. 1. Dynamics of fiber separation in fibre flax varieties from the sectional variety testing nursery, average for 2020–2022

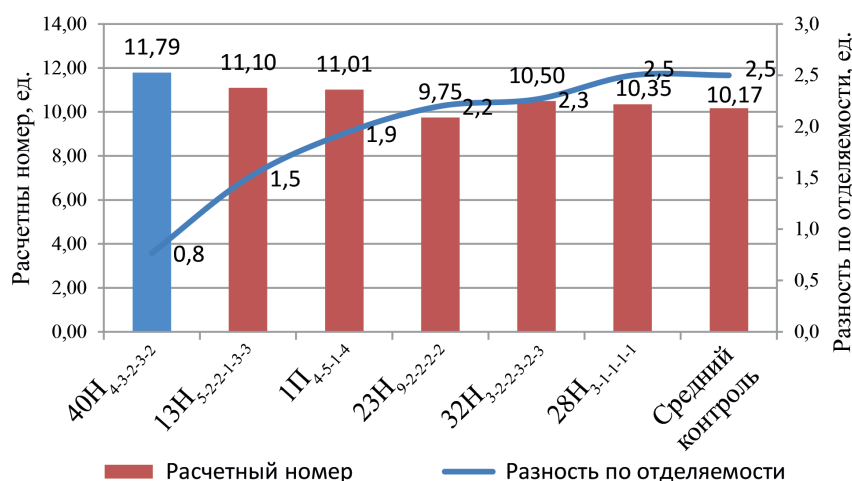


Рис. 2. Зависимость качества волокна от равномерности его отделяемости по длине стебля у селекционных сортообразцов льна-долгунца, среднее за 2020–2022 гг.

Fig. 2. Dependence of fiber quality on the uniformity of its separation along the length of the stem in selection varieties of fibre flax, average for 2020–2022

Установлена сильная отрицательная корреляционная связь ($r = -0,88$ при $p 0,01$) между расчетным номером длинного трепаного волокна и равномерностью отделяемости тресты по длине стебля.

Таким образом, в результате трехлетнего изучения сортообразцов льна-долгунца в питомнике селекционного сортоиспытания наибольшей продуктивностью и оптимальной динамикой процессов приготовления льнотресты характеризовался селекционный номер 40Н_{4.3-2.3-2}. На основе этого генотипа создан сорт Акцент.

Этот сорт создан методом внутривидовой гибридизации, проведенной в 2009 г. Материнской формой (♀) является позднеспелый отечественный сорт *Промень*, отцовской (♂) – позднеспелый образец из Франции *Melina*. В результате систематического многократного индивидуального отбора по методу Педигри в пятом гибридном поколении было отобрано элитное растение 40Н_{4.3-2.3-2}, ставшее родоначальником сорта Акцент.

В среднем за 2020–2022 гг. в питомнике селекционного сортоиспытания продолжительность его вегетационного периода составила 73 сут, что на уровне позднеспелого контроля. Сорт голубоцветковый, высокорослый, средняя высота растений составила 81,7 см, что на 4,9 см выше контроля (табл. 2).

Урожайность семян составила 7,0 ц/га, или 107,7 % к контролю, тресты – 58,5 ц/га, или 116,1 % к контролю. Высокая урожайность общего волокна (20,7 ц/га, или 116,9 % к контролю), в том числе длинного (16,4 ц/га, или 123,3 % к контролю), обеспечена за счет высокого содержания его в стеблях – 35,3 и 28,1 % соответственно, что 0,6 и 2,3 п. п. превышает показатели контроля. Сорт характеризуется высокой устойчивостью к полеганию (4,9 балла), средней восприимчивостью к фузариозному увяданию (степень развития в условиях ИПФ – 41,3 %).

Таблица 2. Хозяйственно-биологическая характеристика сорта льна-долгунца Акцент (среднее за 2020–2022 гг.)

Table 2. Economic and biological characteristics of the Accent fibre flax variety (average for 2020–2022)

Показатель		Единица измерения	Акцент	Контроль*	Акцент, % к контролю
Высота растений		см	81,7	76,8	106,4
Урожайность:					
семян		ц/га	7,0	6,5	107,7
тресты		–//–	58,5	50,4	116,1
общего волокна		–//–	20,7	17,7	116,9
длинного волокна		–//–	16,4	13,3	123,3
Содержание в тресте:					
общего волокна		%	35,3	34,7	101,7
в т. ч. длинного волокна		–//–	28,1	25,8	108,9
Период вегетации		сут	73	73	100
Устойчивость к полеганию		балл	4,9	5,0	98,0
Параметры качества длинного волокна	горстевая длина	см	59,3	55,5	106,8
	цвет	группа	3,7	3,7	100
	гибкость	мм	41,0	45,5	90,1
	разрывная нагрузка	Н	260,3	168,8	154,2
	тонины	мг/мм	172,1	197,3	87,2
Номер длинного трепаного волокна		номер	12	10	120,0
Степень развития фузариозного увядания на ИПФ		%	41,3	38,1	108,4

* 2020–2021 гг. – средний контроль (сорта Могилевский и Арамис); 2022 г. – контроль (сорт Надежный).

* 2020–2021 – average control (Mogilevsky and Aramis varieties); 2022 – control (Nadezhny variety).

Сорт Акцент обладает высокой декортикационной способностью. Начальные параметры оптимальной отделяемости тресты (4,1 ед.) у него наступают на одни сутки раньше в сравнении с контролем. Сорт характеризуется равномерной отделяемостью тресты по длине стебля. Разность по отделяемости тресты в различных частях стебля у него составила 0,8 ед. против 2,5 ед. у контроля. Эти факторы в совокупности с физико-механическими показателями качества обеспечили средний номер длинного трепаного волокна 12, что на 2 сортономера выше контроля. С 2023 г. сорт Акцент проходит государственное испытание.

Заключение. Выявление существенных сортовых особенностей при приготовлении льнотресты (динамика вылежки) и влияния однородности отделяемости тресты по длине стеблей на ка-

чество волокна позволило определить целесообразность использования этого метода для оценки селекционного материала льна-долгунца. В результате изучения образцов в питомнике селекционного сортоиспытания по продуктивности, динамике вылежки, а также равномерности отделяемости тресты по длине стеблей создан сорт Акцент, который передан на государственное сортоиспытание в 2023 г. Наряду с высокой урожайностью (58,5 ц/га тресты, 20,7 ц/га волокна), сорт Акцент обладает высокой декортикационной способностью. Начальные параметры оптимальной отделяемости тресты (4,1 ед.) у него наступают на одни сутки раньше в сравнении с контролем. Сорт характеризуется равномерной отделяемостью тресты по длине стебля. Разность по отделяемости тресты в различных частях стебля у него составила 0,8 ед. против 2,5 ед. у контроля, что обеспечило высокое качество длинного трепаного волокна (12-й номер).

Список использованных источников

1. Богдан, В. З. Генофонд, методы и результаты селекции льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) в Республике Беларусь: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.05 / Богдан Виктор Зигмундович; Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию. – Жодино, 2024. – 47 с.
2. Афанасьев, Б. Ф. Принципы формирования адаптивной технологии производства льнопродукции / Б. Ф. Афанасьев // Техника в сельском хозяйстве. – 2004. – № 2. – С. 39–42.
3. Потенциал льняного поля / под общ. ред. А. Д. Прудникова. – М.: Науч. консультант, 2018. – 120 с.
4. Богдан, В. З. Новые сорта льна-долгунца для производства / В. З. Богдан, Л. В. Ивашко // Белорусское сельское хозяйство. – 2011. – № 1 (105). – С. 20–22.
5. Голуб, И. А. Перспективы возделывания и переработки льна-долгунца в Республике Беларусь / И. А. Голуб // Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2017. – № 3. – С. 91–98.
6. Формирование и особенности сортового разнообразия льна-долгунца в условиях Псковской области / Ю. Н. Федорова, Д. С. Зверева, А. Д. Степин, Т. Д. Лисицкая // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 1 (42). – С. 47–54.
7. Роль генофонда льна-долгунца в решении проблемы качества льноволокна / Т. А. Рожмина, Н. В. Кишлян, Л. М. Голубева, Т. А. Кудряшова // Внедрение инновационных разработок в целях повышения экономической эффективности в льняном комплексе России: материалы междунар. науч.-практ. конф., г. Вологда, 23 июня 2011 г. / Правительство Вологод. обл., Департамент сел. хоз-ва, продовольств. ресурсов и торговли Вологод. обл. – Вологда, 2010. – С. 44–48.
8. Гриб, С. И. Приоритеты стратегии и направления селекции полевых культур в Беларуси / С. И. Гриб // Стратегия и приоритеты развития земледелия и селекции полевых культур в Беларуси: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию со дня основания РУП «Научно-практический центр НАН по земледелию», 5–6 июля 2017 г., г. Жодино / НАН Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию; редкол.: Ф. И. Привалов [и др.]. – Минск, 2017. – С. 214–216.
9. Гриб, С. И. Оптимизация методологии и результаты селекции льна-долгунца в Беларуси / С. И. Гриб, В. З. Богдан // Таврический вестник аграрной науки. – 2023. – № 1 (33). – С. 6–18. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7896477>
10. Корепанова, Е. В. Морфологические показатели растения как основной признак в селекции льна-долгунца / Е. В. Корепанова, И. Ш. Фатыхов, В. Н. Гореева // Современные достижения селекции растений – производству: материалы Нац. науч.-практ. конф., Ижевск, 15 июля 2021 г. / Ижев. гос. с.-х. акад. – Ижевск, 2021. – С. 169–174.
11. Королев, К. П. Оценка генотипов льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) по экологической адаптивности и стабильности в условиях северо-восточной части Беларуси / К. П. Королев, Н. А. Боме // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Т. 52, № 3. – С. 615–621. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.3.615rus>
12. Результаты сортоиспытания перспективных гибридов льна-долгунца томской селекции / Г. А. Попова, Н. Б. Рогальская, В. М. Трофимова, А. А. Шулейко // Селекция и генетика культурных растений – 2023: материалы междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию каф. генетики, селекции и семеноводства РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева / Рос. гос. аграр. ун-т – МСХА им. К. А. Тимирязева; редкол.: В. В. Пыльнев [и др.]. – М., 2023. – С. 182–185.
13. Шушкин, А. А. Технологическая оценка селекционных сортов льна: (способы и основные результаты) / А. А. Шушкин. – М.: Ростехиздат, 1962. – 103 с.
14. Оптимизация сроков уборки тресты – основа сохранения качества льноволокна / В. З. Богдан, Т. М. Богдан, С. А. Иванов, М. А. Литарная // Земледелие и защита растений. – 2018. – № 4 (119). – С. 21–23.

References

1. Bogdan V. Z. *Gene pool, methods and results of common flax breeding (Linum usitatissimum L.) in the Republic of Belarus*. Zhodino, 2024. 47 p. (in Russian).
2. Afanas'ev B. F. Principles of formation of adaptive technology of flax products production. *Tekhnika v sel'skom khozyaistve* [Technology in Agriculture], 2004, no. 2, pp. 39–42 (in Russian).
3. Prudnikov A. D. (ed.). *The potential of the flax field*. Moscow, Nauchnyi konsul'tant Publ., 2018. 120 p. (in Russian).
4. Bogdan V. Z., Ivashko L. V. New varieties of common flax for production. *Belorusskoe sel'skogo khozyaistvo* [Belarusian Agriculture], 2011, no. 1 (105), pp. 20–23 (in Russian).

5. Golub I. A. Aspects of cultivation and processing of fiber flax 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. 3, pp. 91–98 (in Russian).
6. Fiodorova Yu. N., Zvereva D. S., Stepin A. D., Lisitskaya T. D. Formation and features of the flax varietal diversity under the conditions of the Pskov region. *Izvestiya Velikolukskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Proceedings of the State Agricultural Academy of Velikie Luki*, 2023, no. 1 (42), pp. 47–54 (in Russian).
7. Rozhmina T. A., Kishlyan N. V., Golubeva L. M., Kudryashova T. A. The role of the common flax gene pool in solving the problem of flax fiber quality. *Vnedrenie innovatsionnykh razrabotok v tselyakh povysheniya ekonomicheskoi effektivnosti v l'nyanom komplekse Rossii: materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, g. Vologda, 23 iyunya 2011 g.* [Implementation of innovative developments to improve economic efficiency in the Russian flax industry: proceedings of the international scientific and practical conference, Vologda, June 23, 2011]. Vologda, 2010, pp. 44–48 (in Russian).
8. Grib S. I. Priorities of the strategy and directions of selection of field crops in Belarus. *Strategiya i priority razvitiya zemledeliya i seleksii polevykh kul'tur v Belarusi: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 90-letiyu so dnya osnovaniya RUP "Nauchno-prakticheskii tsentr NAN Belarusi po zemledeliyu", 5–6 iyulya 2017 g., g. Zhodino* [Strategy and priorities of development of agriculture and selection of field crops in Belarus: proceedings of the International scientific and practical conference, dedicated to 90th anniversary of the foundation of RUE "The Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agriculture", July 5–6, 2017, Zhodino]. Minsk, 2017, pp. 214–216 (in Russian).
9. Grib S. I., Bogdan V. Z. Optimization of the methodology and results of flax breeding in Belarus. *Tavrisheskii vestnik agrarnoi nauki = Taurida Herald of the Agrarian Sciences*, 2023, no. 1 (33), pp. 6–18 (in Russian). <https://doi.org/10.5281/zenodo.7896477>
10. Korepanova E. V., Fatykhov I. Sh., Goreeva V. N. Morphological characteristics of plants as the main trait in flax breeding. *Sovremennye dostizheniya seleksii rastenii – proizvodstvu: materialy Natsional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Izhevsk, 15 iyulya 2021 g.* [Modern achievements in plant breeding for production: proceedings of the National scientific and practical conference, Izhevsk, July 15, 2021]. Izhevsk, 2021, pp. 169–174 (in Russian).
11. Korolev K. P., Bome N. A. Evaluation of flax (*Linum usitatissimum* L.) genotypes on environmental adaptability and stability in the North-Eastern Belarus. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2017, vol. 52, no. 3, pp. 615–621 (in Russian). <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.3.615rus>
12. Popova G. A., Rogal'skaya N. B., Trofimova V. M., Shuleiko A. A. Results of variety testing of promising flax hybrids bred in Toms. *Seleksiya i genetika kul'turnykh rastenii – 2023: materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, posvyashchennoi 100-letiyu kafedry genetiki, seleksii i semenovodstva RGAU-MSKhA imeni K. A. Timiryazeva* [Breeding and genetics of cultivated plants – 2023: proceedings of the International scientific conference, dedicated to the 100th anniversary of the Department of Genetics, Breeding and Seed Production of Russian State Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev]. Moscow, 2023, pp. 182–185 (in Russian).
13. Shushkin A. A. *Technological assessment of breeding varieties of flax: (methods and main results)*. Moscow, Rostekhizdat Publ., 1962. 103 p. (in Russian).
14. Bogdan V. Z., Bogdan T. M., Ivanov S. A., Litarnaya M. A. Optimization of harvesting timing is the basis for maintaining the quality of flax fiber. *Zemledelie i zashchita rastenii = Agriculture and Plant Protection*, 2018, no. 4 (119), pp. 21–23 (in Russian).

Информация об авторах

Богдан Виктор Зигмундович – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий лабораторией селекции льна-долгунца, Институт льна, Национальная академия наук Беларуси (ул. Центральная, 27, 211003, Устье, Оршанский район, Витебская область, Республика Беларусь). E-mail: bogdan_v@tut.by

Богдан Татьяна Михайловна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции льна-долгунца, Институт льна, Национальная академия наук Беларуси (ул. Центральная, 27, 211003, Устье, Оршанский район, Витебская область, Республика Беларусь). E-mail: tatiana-bogdan2016@yandex.by

Литарная Марина Александровна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции льна-долгунца, Институт льна, Национальная академия наук Беларуси (ул. Центральная, 27, 211003, Устье, Оршанский район, Витебская область, Республика Беларусь). E-mail: malarittaml@mail.ru

Иванов Сергей Анатольевич – научный сотрудник лаборатории селекции льна-долгунца, Институт льна, Национальная академия наук Беларуси (ул. Центральная, 27, 211003, Устье, Оршанский район, Витебская область, Республика Беларусь). E-mail: Ivanoff.ipn007@yandex.ru

Information about the authors

Viktor Z. Bogdan – Dr. Sc. (Agriculture), Associate Professor, Head of the Laboratory of Fibre Flax Breeding, Institute of Flax, National Academy of Sciences of Belarus (27, Centralnaya St., 211003, Ustye, Orsha District, Vitebsk Region, Republic of Belarus). E-mail: bogdan_v@tut.by

Tatiana M. Bogdan – Ph. D. (Agriculture), Associate Professor, Leading Researcher at the Fibre Flax Breeding Laboratory, Institute of Flax, National Academy of Sciences of Belarus (27, Centralnaya St., 211003, Ustye, Orsha District, Vitebsk Region, Republic of Belarus). E-mail: tatiana-bogdan2016@yandex.by

Marina A. Litarnaya – Ph. D. (Agriculture), Associate Professor, Leading Researcher at the Fibre Flax Breeding Laboratory, Institute of Flax, National Academy of Sciences of Belarus (27, Centralnaya St., 211003, Ustye, Orsha District, Vitebsk Region, Republic of Belarus). E-mail: malarittaml@mail.ru

Sergey A. Ivanov – Researcher at the Fibre Flax Breeding Laboratory, Institute of Flax, National Academy of Sciences of Belarus (27, Centralnaya St., 211003, Ustye, Orsha District, Vitebsk Region, Republic of Belarus). E-mail: Ivanoff.ipn007@yandex.ru

ISSN 1817-7204 (Print)

ISSN 1817-7239 (Online)

УДК 635.1./8:632.731(476)

<https://doi.org/10.29235/1817-7204-2025-63-4-305-314>

Поступила в редакцию 08.02.2024

Received 08.02.2024

С. И. Романовский, Д. В. Войтка

Институт защиты растений, Национальная академия наук Беларуси, Прилуки, Республика Беларусь

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА THRIPIDAE В ПОСАДКАХ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Аннотация. Семейство Thripidae насчитывает около 1 750 видов растительноядных трипсов, из них в странах Европы зарегистрировано порядка 230 фитофагов, имеющих широкий круг растений-хозяев. Ареалы этих насекомых весьма обширны. Ввиду стремительной инвазивности многочисленные популяции являются общими для большинства стран и континентов. Несмотря на проведение карантинных мероприятий, их ареал регулярно увеличивается. Представлены результаты исследований по изучению видового состава и встречаемости фитофагов семейства Thripidae в условиях овощных агробиоценозов Республики Беларусь. Выявлены культуры – лук репчатый, капуста кочанная, огурец защищенного грунта, характеризующиеся наибольшим разнообразием популяций бахромчатокрылых. Впервые в республике определены доминирующие виды трипсов в промышленных полевых агробиоценозах – *Thrips tabaci* Lind. и в условиях культивационных сооружений – *Frankliniella occidentalis* Perg., *Frankliniella intonsa* Tryb. Представлены результаты видовой идентификации фитофагов семейства Thripidae, и рассмотрены основные отличительные морфологические признаки родов *Thrips* и *Frankliniella*. Уточнены ключевые особенности морфологически близких видов *Frankliniella occidentalis* Perg. и *Frankliniella intonsa* Tryb., преобладающих на растениях томата и огурца защищенного грунта, и *Thrips tabaci* Lind., доминирующего в посадках лука репчатого и капусты кочанной. Результаты исследований могут стать основой для углубления знаний о видовом разнообразии фитофагов и обоснованного осуществления эффективных мероприятий по защите растений.

Ключевые слова: растительноядные трипсы, фитофаги семейства Thripidae, идентификация, видовое разнообразие, морфологические признаки, внутривидовая изменчивость, агробиоценоз, овощные культуры

Для цитирования: Романовский, С. И. Идентификация и видовое разнообразие представителей семейства Thripidae в посадках овощных культур в Республике Беларусь / С. И. Романовский, Д. В. Войтка // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2025. – Т. 63, № 4. – С. 305–314. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2025-63-4-305-314>

Sergey I. Romanovskiy, Dmitry V. Voitka

Institute of Plant Protection, National Academy of Sciences of Belarus, Priluki, Republic of Belarus

IDENTIFICATION AND SPECIES DIVERSITY OF THRIPIDAE FAMILY IN VEGETABLE PLANTINGS IN THE REPUBLIC OF BELARUS

Abstract. The family Thripidae has about 1 750 species of herbivorous thrips, of which about 230 phytophages with a wide range of host plants are registered in European countries. The areas of these insects are very extensive. Due to the rapid invasiveness, numerous populations are common to most countries and continents. Despite the quarantine measures, their area regularly increases. The paper presents the results of studies on the species composition and occurrence of phytophages of the family Thripidae in the conditions of vegetable agrobiocenoses of the Republic of Belarus. Crops have been identified – bulb onions, cabbage, cucumber of protected soil, characterized by the greatest variety of fringed-winged populations. For the first time in the republic the dominant species of thrips in industrial field agrobiocenoses – *Thrips tabaci* Lind. and in the conditions of cultivation facilities – *Frankliniella occidentalis* Perg., *Frankliniella intonsa* Tryb. were determined. Results of specific identification of phytophages of the Thripidae family are presented and the main distinctive morphological features of the sorts *Thrips* and *Frankliniella* are considered. Key features of morphologically close types are specified *Frankliniella occidentalis* Perg. and *Frankliniella intonsa* Tryb., prevailing on plants of a tomato and a cucumber of the protected soil, and *Thrips tabaci* Lind. dominating in onion and cabbage. Results of researches can become a basis for increasing knowledge of a species diversity of phytophages and reasonable implementation of actions for protection of plants.

Keywords: herbivorous thrips, phytophages of the family Thripidae, identification, species diversity, morphological features, intraspecific variability, agrobiocenosis, vegetable crops

For citation: Romanovsky S. I., Voitka D. V. Identification and species diversity of Thripidae family in vegetable plantings in the Republic of Belarus. *Vestsi Natsyyanal'nei akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk* = *Proceedings*

of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series, 2025, vol. 63, no. 4, pp. 305–314 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2025-63-4-305-314>

Введение. Первые упоминания о трипсах датируются 1744 г., когда Карлом де Геером был описан род *Physapus*, однако в 1758 г. Карлом Линнеем он был переименован в *Thrips* [1, 2]. В 1836 г. английский энтомолог А. Холидей повысил таксономический ранг этих насекомых до уровня Thysanoptera (бахромчатокрылые). Предположительно, происхождение отряда связано с общими предками трипсов – Hemiptera (полужесткокрылые) и Psocoptera (сеноеды) [1, 3].

В научной литературе до сих пор встречаются неточности при описании тех или иных сведений относительно систематики, морфологии и других особенностей, характеризующих данную группу насекомых. Поэтому изложение дальнейшего материала основано на современном систематическом положении трипсов: тип Arthropoda (членистоногие), класс Insecta (насекомые), подкласс Pterygota (высшие или крылатые), инфрокласс Neoptera (новокрылые), отдел Hemimetabola (с неполным превращением), надотряд Hemipteroidae (гемиптероиды), отряд Thysanoptera (бахромчатокрылые), подотряд Terebrantia (яйцекладные), подотряд Tubulifera (трубкохвостые), семейство Thripidae (трипсы) [4].

Именно в состав семейства Thripidae входит значительное число видов трипсов, более 93,0 %, являющихся в различных странах мира опасными вредителями сельскохозяйственных культур, и лишь небольшая их часть относится к Phlaeothripidae [2, 5]. Многочисленные исследования гостальной пищевой специализации данной группы насекомых свидетельствуют о том, что большинство из них – полифаги, способные развиваться на достаточно широком круге растений-хозяев из различных ботанических семейств. Представители отряда Thysanoptera – одни из самых распространенных вредителей в агробиоценозах овощных культур открытого и защищенного грунта. Популяции этих фитофагов активно заселяют культурные растения из семейств Сельдерейные (*Apiaceae*), Пасленовые (*Solanaceae*), Тыквенные (*Cucurbitaceae*), Бобовые (*Fabaceae*) и др. [6].

Большинство видов являются экономически значимыми вредителями перца, огурца, баклажана, салата, томата, выращиваемых в условиях культивационных сооружений различных типов. В защищенном грунте России и Украины в качестве вредителей овощных культур зарегистрировано 9 видов насекомых семейства Thripidae: *Thrips tabaci* Lind., *Frankliniella occidentalis* Perg., *Frankliniella intonsa* Tryb., *Thrips fuscipennis* Hal., *Thrips nigropilosus* Uz., *Hercinothrips femoralis* Reut., *Heliothrips haemorrhoidalis* Reut., *Parthenothrips dracaenae* Heeg., *Thrips vulgatissimus* Hal. Наибольшую заселенность и видовое разнообразие представителей семейства бахромчатокрылых исследователи, как правило, отмечают на растениях тепличного огурца, где по численности доминирует западный цветочный трипс (*Frankliniella occidentalis* Perg.) [4, 7, 8]. Анализ трофических связей в популяциях этих насекомых, отраженный в работах И. С. Клишиной, О. И. Слободенюк и других исследователей, демонстрирует высокую предпочтительность культуры в качестве кормовой базы относительно томата, перца и баклажана [4, 8].

Подавляющее разнообразие фитофагов семейства Thripidae в полевых условиях чаще наблюдается на семенниках овощных культур, особенно в соцветиях лука и моркови. На этих растениях, согласно данным различных литературных источников, было зарегистрировано около 10 видов трипсов. Предпочтительными для питания являются культуры с рассадным способом выращивания, преимущественно огурец, томат, лук, капуста, арбуз и др. [9, 10]. По результатам оценки фитосанитарного состояния посевов лука репчатого, проведенного В. Г. Безугловым (2008 г.), в южных регионах России отмечена высокая распространенность популяций трипса табачного (*Thrips tabaci* Lind.), против которых проводились целевые защитные мероприятия. Этот вид был основным вредителем растений огурца открытого грунта наряду с паутинными клещами и бабчевой тлей [11].

По данным Х. У. Жуманозарова и других ученых, в Республике Узбекистан в 2022 г. посевные площади репчатого и чесночного лука, где был обнаружен трипс табачный, достигали 13,6 тыс. га [12]. С. А. Сыченкова отмечает, что на территории Молдовы в посевах культуры, кроме указанного вида, часто встречаются трипс хризантемный (*Thrips nigropilosus* Uz.) и трипс желтоголовый (*Thrips flavus* Schr.), также близкие по морфологическим признакам к доминирующему [13]. В по-

следние годы, в связи с постепенным изменением климата на фоне увеличения суммы положительных температур за период вегетации, складываются благоприятные условия для появления и расширения ареалов бахромчатокрылых в агробиоценозах лука репчатого и капусты кочанной в Республике Беларусь [14].

Видовой состав трипсов в посадках овощных культур открытого и защищенного грунта, изученный исследователями в России и странах европейского континента, свидетельствует о существенном разнообразии этих фитофагов. Несмотря на регулярное проведение карантинных мероприятий, во многих странах продолжают появляться новые виды, вредоносность которых требует постоянного совершенствования разработанных программ по оптимизации энтомологической ситуации в агробиоценозах овощных культур. Под влиянием биотических, абиотических и антропогенных факторов, способствующих постепенному улучшению условий для питания и развития фитофагов их состав в овощных агробиоценозах, постоянно пополняется и за счет видов из местной фауны, численность которых ранее была незначительной [8].

Аргументированность наблюдений, проведенных многочисленными исследователями стран ближнего зарубежья, и фрагментарность имеющихся на сегодняшний день сведений о разнообразии насекомых семейства Thripidae, присутствующих в овощных агробиоценозах Республики Беларусь, послужили основой для проведения наших исследований.

Цель работы – выявление распространенности, идентификация и уточнение видового состава трипсов в посадках овощных культур открытого и защищенного грунта.

Материалы и методы исследования. Объектом исследований являлись имаго растительноядных трипсов, отобранные в агробиоценозах овощных культур: лука репчатого, капусты кочанной, огурца и томата защищенного грунта.

Изучение видового состав трипсов проводили в 2021–2023 гг. путем маршрутных обследований производственных посадок (посевов) овощных культур в хозяйствах республики (Минская, Брестская, Гродненская, Витебская, Гомельская и Могилевская области). Сбор имаго трипсов осуществляли, используя кисточку, смоченную в 70%-м этиловом спирте, на 1–2 растениях, отобранных случайным образом в 5 точках каждого отдельного агробиоценоза. Собранный энтомологический материал помещали в полимерные пробирки Эппендорфа емкостью 2 мл, наполненные 70%-м раствором этилового спирта. Затем их этикетировали с указанием даты и места сбора, стадии развития вредного объекта, наименования культуры, фамилии и инициалов сотрудника, проводившего отбор образца. Законсервированные таким образом имаго трипсов в дальнейшем подвергались идентификации [15, 16].

Видовую диагностику экземпляров по морфологическим признакам проводили совместно с кафедрой зоологии БГУ под руководством доктора биологических наук, профессора С. В. Буга и Всероссийским центром карантина растений при непосредственном участии руководителя отделом биометода О. Г. Волкова.

Приготовление микробиологических препаратов. Идентификацию трипсов по морфологическим признакам проводили путем приготовления тотальных (из целого организма) микроскопических препаратов. Препараты, предназначенные для микроскопии, изготавливали на предметных стеклах с маркировкой ISO 8037/1 размером 76 × 26 мм, толщиной 1 мм (ГОСТ 9284-75 «Стекла предметные для микропрепаратов. Технические условия»). Для фиксации энтомологического объекта на предметном стекле использовали жидкость Хойера (30 г гуммиарабика, 50 мл дистиллированной воды, 20 мл глицерина и 200 г хлоралгидрата). Для осветления темных форм насекомых использовали молочную кислоту, после чего предназначенные для идентификации экземпляры промывали в нескольких сменах дистиллированной воды. Окончательно имаго трипсов монтировали в капле среды в центре предметного стекла перпендикулярно его длинной оси дорсальной стороной вверх, отводя от тела усики, крылья и ноги. Сверху размещали покровное стекло размером 20 × 20 мм, толщиной 0,17 мм (ГОСТ 6672-75 «Стекла покровные для микропрепаратов. Технические условия»). Приготовленный таким способом препарат снабжали этикеткой, отражающей наименование консервирующей среды, дату и место сбора, стадию развития вредного объекта, наименование культуры или ее части (лист, побег, цветок и т. д.), на которой был обнаружен конкретный экземпляр, фамилию и инициалы сотрудника, проводившего отбор [15, 16].

Идентификация трипсов. Видовую принадлежность фитофагов семейства Thripidae определяли при 40-кратном увеличении с использованием в качестве оптических инструментов прямых микроскопов проходящего света и поляризационных устройств в Институте защиты растений, БГУ и Всероссийском центре карантина растений. Идентификацию насекомых проводили по общепринятым, описанным в литературе морфологическим признакам: размер и окрас тела, окрас крыльев и расположение жилок переднего крыла, форма головы, число члеников усиков, размер глаз, длина, количество и расположение щетинок на переднеспинке, крыльях и брюшке, окрас, количество и форма сегментов брюшка.

Процесс диагностирования видов фитофагов семейства Thripidae осуществляли при помощи традиционных дихотомических ключей, предложенных в «Определителе насекомых Дальнего Востока СССР» (П. А. Лер, 1986), «Определителе насекомых Европейской части СССР» (Г. Я. Бей-Биненко, 1964), а также в зарубежных справочных изданиях: «Thysanoptera» (Л. А. Маунд, 1976), «Thysanoptera: an identification guide» (Л. А. Маунд, 1998), в том числе по имеющимся на базе Всероссийского центра карантина растений опытным образцам, изготовленным постоянным микропрепаратам трипсов, с использованием специализированных электронных ресурсов [17–21].

Статистический анализ. В ходе анализа энтомологического материала определяли долю идентифицированных имаго трипсов по видам с установлением доминантных в каждом образце, собранном в конкретном овощном агробиоценозе. Полученные данные были обобщены для культур в зависимости от ботанического семейства и условий выращивания (открытый и защищенный грунт).

Результаты и их обсуждение. Изучение разнообразия фауны насекомых семейства Thripidae на овощных культурах открытого и защищенного грунта в хозяйствах республики показало, что наибольшая встречаемость популяций бахромчатокрылых была характерна для промышленных полевых агробиоценозов лука репчатого и капусты кочанной, а также огурца, выращиваемого в условиях культивационных сооружений различных типов; реже насекомых выявляли на тепличных культурах томата и перца. В 2023 г. присутствие трипсов впервые зафиксировали в посевах свеклы столовой в хозяйствах Минской и Могилевской областей.

Согласно полученным результатам по морфологической диагностике фитофагов семейства Thripidae наибольшее разнообразие, до 5 видов, установлено в образцах, полученных при обследовании агробиоценозов лука репчатого. Вместе с тем отмечено, что 100%-й встречаемостью в отобранном с луковых полей идентификационном материале характеризовались имаго и личинки трипса табачного. В зависимости от ареала их доля в образцах относительно особей других растительноядных видов – *Thrips physapus* L., *Frankliniella tenuicornis* Uz., *Limothrips denticornis* Hal. – варьировала от 55,5 до 100,0 %. В 60 % энтомологического материала, собранного с луковых полей, были отмечены имаго и личинки хищных трипсов *Aeolothrips* spp. Присутствие особей данного вида отмечали преимущественно в образцах, собранных в агроценозах с наибольшей численностью потенциальных фитофагов.

В результате полученных данных можно констатировать, что доминирующими в производственных посадках капусты кочанной являются популяции *Thrips tabaci* Lind. при 100%-й встречаемости в образцах на фоне выявления единичных имаго *Thrips vulgarissimus* Hal. В энтомологическом материале, собранном с капустных полей, расположенных неподалеку от посевов зерновых культур, периодически выявляли особей *Frankliniella tenuicornis* Uz. и *Limothrips denticornis* Hal. Несмотря на то что эти два вида являются олигофагами, специализирующимися для питания на растениях семейства Злаки, в литературе известны случаи встречаемости последнего в подкарантинной продукции в кочанах капусты из Нидерландов, Польши, Италии, Испании, что предполагает необходимость изучения его биотического потенциала с целью определения потенциальной вредоносности для данной культуры в условиях Беларуси [22].

В энтомологическом материале, собранном в посадках огурца защищенного грунта зимне-весеннего культурооборота, выращиваемого способом малообъемной гидропоники, доминирующее положение по количеству имаго в образцах имели особи западного цветочного трипса, 86,6–100,0 %, относительно доли трипса табачного, популяции которого имели 100%-ю встречаемость и преобладали исключительно в период выращивания рассады. В единичном экземпляре был отмечен *Anaphothrips obscurus* Mull. (имаго).

Доминирующим в посадках огурца и томата, выращиваемых на торфогрунте в неотапливаемых поликарбонатных теплицах, являлся вид *Frankliniella intonsa* Tryb. – обыкновенный, или разноядный, трипс, соотношение имаго которого в образцах достигало 54,5–100,0 % при доле сопутствующих видов: *Thrips major* Uz. – 36,4 %, *Thrips physapus* L. – 9,0 %, *Thrips tabaci* Lind. – 9,0 %.

В энтомологическом материале, отобранном с растений перца защищенного грунта, установлено присутствие исключительно экземпляров вида *Frankliniella occidentalis* Perg.

В результате исследований были уточнены основные отличительные характеристики доминирующих фитофагов семейства Thripidae, встречающихся в посадках овощных культур в Республике Беларусь. Так как диагностируемые нами преобладающие виды отнесены к представителям двух родов: *Thrips* (*Thrips tabaci* Lind.) и *Frankliniella* (*Frankliniella intonsa* Tryb., *Frankliniella occidentalis* Perg.), целесообразным является охарактеризовать ключевые морфологические признаки для идентификации насекомых на данном таксономическом уровне.

Экземпляры, которые можно идентифицировать как *Thrips* sp., имеют прерывистый ряд щетинок на передней жилке передних крыльев, в то время как у особей *Frankliniella* sp. присутствует два полноценных ряда. Различия заключаются и в количестве оцеллярных щетинок на голове (2 пары – *Thrips* sp.; 3 пары – *Frankliniella* sp.), а также в расположении дыхалец относительно ктенидий на VIII брюшном тергите: внутри ктенидий – *Thrips* sp.; снаружи ктенидий – *Frankliniella* sp. [23] (рис. 1).

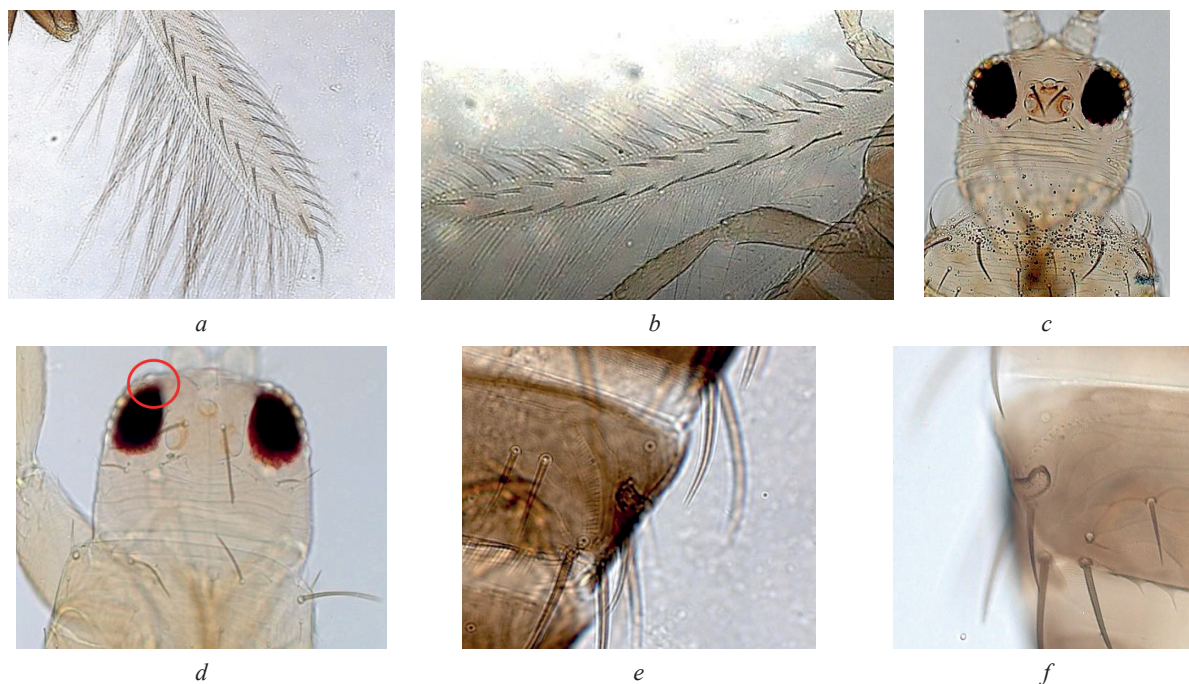


Рис. 1. Ключевые отличительные признаки трипсов – представителей *Thrips* sp. и *Frankliniella* sp.:
 а – переднее крыло имаго *Thrips* sp. с прерывистым рядом первой жилки щетинок; б – переднее крыло имаго *Frankliniella* sp. с полным рядом первой жилки щетинок; в – голова имаго *Thrips* sp. с двумя парами оцеллярных щетинок; д – голова имаго *Frankliniella* sp. с дополнительной парой оцеллярных щетинок;
 е – расположение дыхальца внутри ктенидии на VIII брюшном тергите *Thrips* sp.; ф – расположение дыхальца снаружи ктенидии на VIII брюшном тергите *Frankliniella* sp.

Fig. 1. The key distinguishing features of thrips – the representatives of *Thrips* sp. and *Frankliniella* sp.:
 а – the forewing of the adult *Thrips* sp. with a discontinuous row of the first vein of bristles; б – front wing of adult *Frankliniella* sp. with a full row of the first vein of bristles; в – the head of the adult *Thrips* sp. with two pairs of ocellar bristles; д – the head of adult *Frankliniella* sp. with an additional pair of ocellar bristles; е – the location of the spiracle inside the ctenidia on the VIII abdominal tergite of *Thrips* sp.; ф – the location of the spiracle outside the ctenidia on the VIII abdominal tergite *Frankliniella* sp.

На фоне большого разнообразия синонимии, обусловленной свойственной для данной группы насекомых внутривидовой и межпопуляционной изменчивостью, с целью исключения вероятности неправильной идентификации экземпляров необходимо учитывать весь комплекс признаков вида.

Так, западный цветочный трипс, являющийся объектом внешнего карантина, трудноотличим от аборигенных представителей рода *Frankliniella*, обычных в естественной природной среде и агробиоценозах Республики Беларусь. Существенное сходство с данным видом имеют также доминирующие в посадках овощных культур защищенного грунта особи обыкновенного, или разноядного, трипса *Frankliniella intonsa* Tryb. Внутри популяций имаго *Frankliniella intonsa* Tryb. значительно отличаются по размеру и окраске тела, чаще всего темно-бурые (как известно, они не производят цветковых форм, характерных для популяций *Frankliniella occidentalis* Perg., окрас которых желтый, реже коричневый).

Основные морфологические отличительные признаки видов заключаются в размере постокулярных (заглазных) щетинок, характеризующихся меньшей длиной у особей разноядного трипса, а также отсутствием у данных экземпляров колоколовидных сенсилл на метонотуме в центральной части заднеспинки. У обоих видов усики 8-члениковые. Длина 8-го членика у западного цветочного трипса примерно в два раза больше 7-го, в то время как у обыкновенного, или разнояд-

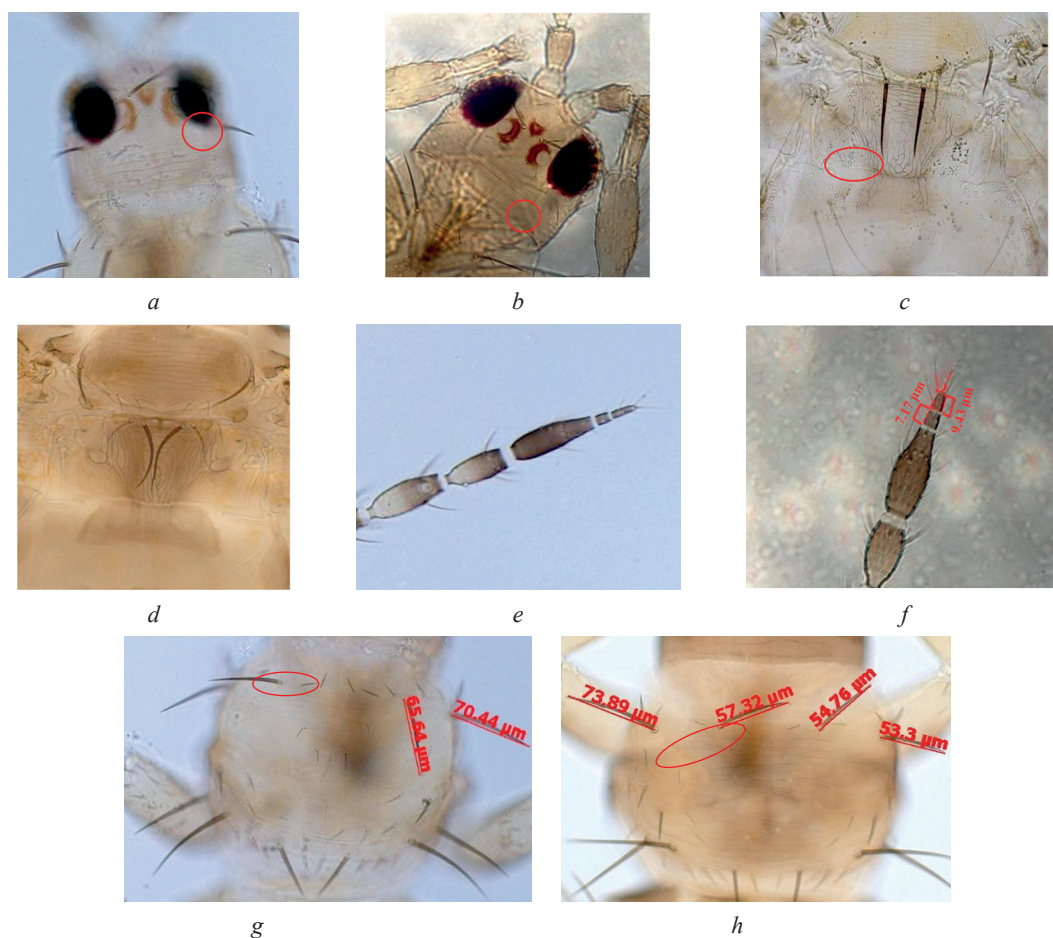


Рис. 2. Основные отличительные морфологические признаки видов *Frankliniella occidentalis* и *Frankliniella intonsa*:
 а – постокулярные (заглазные) щетинки, выходящие за край головы, – *F. occidentalis*; б – постокулярные (заглазные) щетинки – *F. intonsa*; в – колоколовидные сенсиллы (в виде двух светлых кружков) на заднеспинке – *F. occidentalis*; д – колоколовидные сенсиллы на заднеспинке отсутствуют – *F. intonsa*; е – 8-й членик усиков примерно в два раза длиннее 7-го – *F. occidentalis*; ф – 8-й членик усиков примерно равен или незначительно длиннее 7-го – *F. intonsa*; г – 4 мелких щетинки между крупными переднекрайними щетинками переднегруди – *F. occidentalis*; х – 2 мелких щетинки между крупными переднекрайними щетинками переднегруди – *F. intonsa*

Fig. 2. The main distinctive morphological features of the species *Frankliniella occidentalis* and *Frankliniella intonsa*:
 а – postocular (posterior) bristles extending beyond the edge of the head – *F. occidentalis*; б – postocular (posterior) bristles – *F. intonsa*; в – bell-shaped sensillas (in the form of two light circles) on the posterior dorsal – *F. occidentalis*; д – bell-shaped sensillas on the posterior dorsal are absent – *F. intonsa*; е – the 8th segment of the antennae is about twice as long as the 7th – *F. occidentalis*; ф – the 8th segment of antennae is approximately equal to, or slightly longer than the 7th – *F. intonsa*; г – 4 small bristles between large anteroposterior bristles of the anteroptera – *F. occidentalis*; х – 2 small bristles between large anteroposterior bristles of the anteroptera – *F. intonsa*

ного, трипса оба этих членика примерно равны. На переднем краю переднеспинки *Frankliniella occidentalis* Perg. между крупными переднекрайними щетинками имеются 4 мелких щетинки и только 2 – у *Frankliniella intonsa* Tryb. Самки обоих видов имеют полноценный гребень микротрихий, выходящих из треугольных оснований на VIII брюшном тергите [21–23] (рис. 2).

Зачастую сложности в идентификации доминирующего в полевых агробиоценозах лука репчатого и капусты кочанной вида – *Thrips tabaci* Lind. возникают на фоне значительной внутривидовой изменчивости, обусловленной влиянием окружающей среды, экологической приспособленностью популяций к питанию на различных растениях-хозяевах. Так, взрослые особи фитофага крупнее и темнее при развитии в условиях низких температур, но мельче и бледнее в результате воздействия более высоких гидротермических параметров. Трипс табачный необычен в пределах рода отсутствием красного пигмента вокруг глазков. Голова с двумя парами оцеллярных щетинок. Усики 7-члениковые. Плейриты брюшка с рядами многочисленных тонких ресничек, II брюшной тергит с 3 боковыми щетинками. Вершинная часть переднего крыла обычно с 4, редко с 3 или 5 щетинками. Скульптура в центре заднеспинки образует легкую сетчатую структуру, колоколовидные сенсиллы отсутствуют. V–VIII тергиты брюшка с ктенидиями. VIII брюшной тергит с полным гребешком микротрихий. Переднеспинка с двумя парами выступающих заднеугольных щетинок [19–21, 23] (рис. 3).

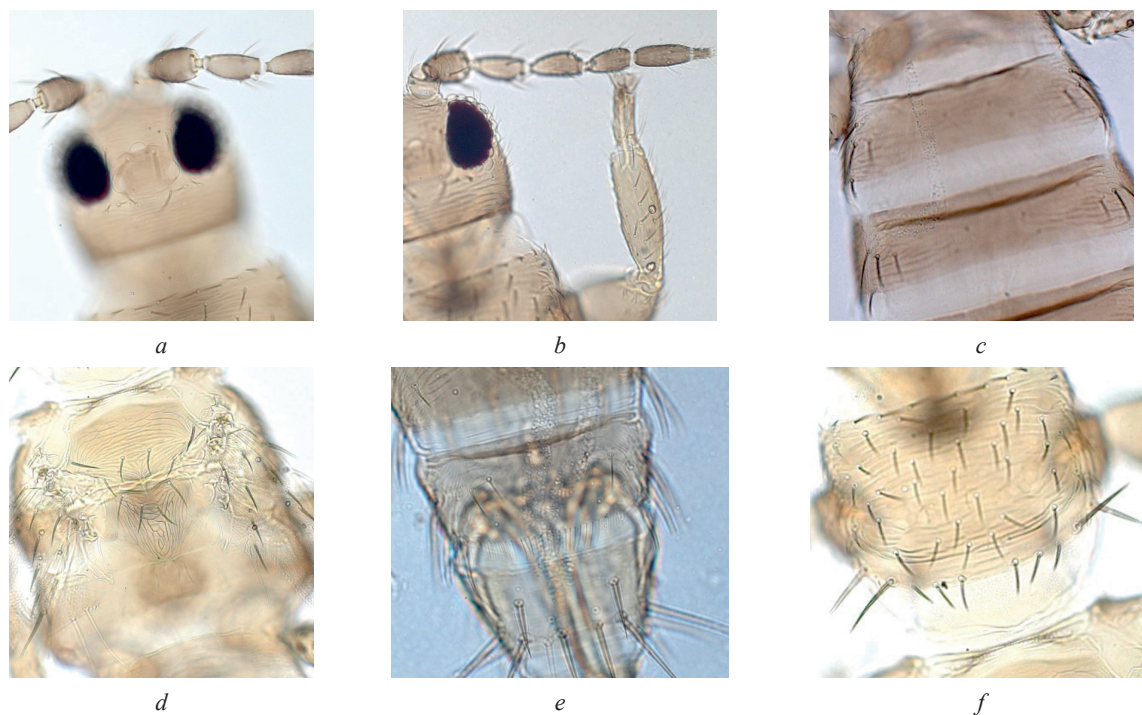


Рис. 3. Морфологические признаки вида *Thrips tabaci*: *a* – голова с двумя парами оцеллярных щетинок и отсутствием красного пигмента вокруг глазков; *b* – 7-члениковый усик; *c* – третьи боковые щетинки на втором брюшном тергите и ряды многочисленных тонких ресничек по краям; *d* – скульптура в центре заднеспинки; *e* – VIII брюшной тергит с полным гребешком микротрихий; *f* – переднеспинка с двумя парами выступающих заднеугольных щетинок

Fig. 3. Morphological features of the species of *Thrips tabaci*: *a* – a head with two pairs of ocellar bristles and no red pigment around the eyes; *b* – 7-segmented antennae; *c* – 3 lateral bristles on the second abdominal tergite and rows of numerous thin cilia at the edges; *d* – sculpture in the center of the hind tongue; *e* – VIII abdominal tergite with a complete scallop of microtrichia; *f* – pronotum with two pairs of protruding posterangular bristles

Выводы. Установлено, что состав насекомых семейства Thripidae в основной массе собранного в промышленных агробиоценозах овощных культур республики энтомологического материала включает представителей родов *Limothrips*, *Aeolothrips*, а также потенциальных фитофагов, отнесенных к родам *Thrips* – *Thrips major* Uz., *Thrips physapus* L., *Thrips tabaci* Lind. и *Frankliniella* – *Frankliniella occidentalis* Perg., *Frankliniella intonsa* Tryb.

Несмотря на выявленное разнообразие растительноядных трипсов, доминирующее положение фиксировали для популяций трипса табачного, характеризующегося 100%-й встречаемостью при осуществлении энтомомониторинга луковых и капустных полей. В производственных посадках огурца защищенного грунта, выращиваемого способом малообъемной гидропоники, наиболее многочисленными являлись особи *Frankliniella occidentalis* Perg. В поликарбонатных культивационных сооружениях при возделывании растений огурца и томата на торфогрунте преобладали особи *Frankliniella intonsa* Tryb.

При определении видового состава фитофагов семейства Thripidae проведена сравнительная оценка признаков морфологически близких, доминирующих в защищенном грунте видов *Frankliniella occidentalis* Perg. и *Frankliniella intonsa* Tryb. Уточнены основные морфологические особенности трипса табачного, популяции которого широко распространены в посадках овощных культур полевых агробиоценозов.

В целом точная видовая диагностика трипсов является основой для сбора данных о возможной изменчивости признаков видов, особенностях их пищевой специализации, изменении видового состава, а также выявления инвазивных популяций и объектов карантинного перечня представителей семейства Thripidae. Правильная идентификация таксономической принадлежности и дифференциация опасных и хозяйственно значимых видов трипсов в посадках овощных культур важна с точки зрения биологически, экологически и экономически обоснованного осуществления мероприятий по защите растений.

Благодарности. Исследования проведены при сотрудничестве с кафедрой зоологии БГУ под руководством доктора биологических наук, профессора С. В. Буга и Всероссийского центра карантина растений при непосредственном участии руководителя отдела биометода О. Г. Волкова.

Acknowledgments. Researches are conducted at cooperation with department of zoology of BSU under supervision of D. Sc. (Biology), Professor S. V. Buga, and All-Russian Plant Quarantine Center with direct participation of the head of a biomet method department O. G. Volkov.

Список использованных источников

1. Onion thrips (Thysanoptera: Thripidae): a global pest of increasing concern in onion / J. Diaz-Montano, M. Fuchs, B. A. Nault [et al.] // Journal of Economic Entomology. – 2011. – Vol. 104, № 1. – P. 1–13. <https://doi.org/10.1603/ec10269>
2. Дядечко, Н. П. Трипсы, или бахромчатокрылые насекомые (Thysanoptera) Европейской части СССР / Н. П. Дядечко. – Киев: Урожай, 1964. – 388 с.
3. Mound, L. A. Thysanoptera as phytophagous opportunists / L. A. Mound, A. J. Teulon // Thrips biology and management / ed.: B. L. Parker, M. Skinner, T. Lewis. – New York, 1995. – P. 3–19. – (NATO ASI Series; vol. 276). https://doi.org/10.1007/978-1-4899-1409-5_1
4. Слободенюк, О. І. Західний квітковий трипс *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae) як структурний елемент закритих екосистем України: автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.16 / Слободенюк Оксана Іванівна; Дніпропетр. нац. ун-т. – Дніпропетровськ, 2006. – 20 с.
5. Stuart, R. R. Thrips: pests of concern to China and the United States / R. R. Stuart, Y. Gao, Z. Lei // Agricultural Sciences in China. – 2011. – Vol. 10, № 6. – P. 867–892. [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(11\)60073-4](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(11)60073-4)
6. Кудряшова, Л. Ю. Пищевая специализация американского трипса *Echinothrips americanus* Morg (Thysanoptera, Thripidae) / Л. Ю. Кудряшова, Л. И. Нефедова, Г. И. Сухорученко // Вестник защиты растений. – 2014. – № 4. – С. 18–26.
7. Доброхотов, С. А. Совершенствование методов разведения и применения хищных клещей из рода *Amblyseius* для борьбы с трипсами в теплицах: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.11 / Доброхотов Сергей Андреевич; С.-Петерб. гос. аграр. ун-т. – СПб.: Пушкин, 2008. – 19 с.
8. Клишина, И. С. Фитосанитарное обоснование контроля карантинных видов трипсов в теплицах северо-запада России: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.11 / Клишина Ирина Сергеевна; Всерос. науч.-исслед. ин-т защиты растений. – СПб., 2009. – 19 с.
9. Ключковский, Ю. Е. Трипсы – небезпечні шкідники овочевих культур / Ю. Е. Ключковский, С. О. Глушкова, О. В. Палагіна // Карантин і захист рослин. – 2019. – № 7–8 (256). – С. 5–10.
10. Нуждин, В. Ф. Мониторинг трипсов на семенниках сахарной свеклы / В. Ф. Нуждин, А. В. Рябчинский // Защита и карантин растений. – 2008. – № 6. – С. 36–37.
11. Безуглов, В. Г. Фитосанитарное состояние посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации и мероприятия по предотвращению и устранению негативного воздействия на них вредных организмов / В. Г. Безуглов // АгроЭкоИнфо. – 2009. – № 2 (5). – URL: <https://agroecoinfo.ru/> (дата обращения: 23.12.2023).
12. Табачный (луковый) трипс и способы борьбы / Х. У. Жуманазаров, И. И. Абдуллаев, Л. А. Ганджаева, А. И. Искандаров // Исследование путей совершенствования научно-технического потенциала общества в стратегическом периоде: сб. ст. междунар. науч.-практ. конф., Магнитогорск, 27 мая 2022 г.: в 2 ч. / Междунар. центр инновац. исслед. «Omega Science». – Уфа, 2022. – Ч. 2. – С. 26–29.

13. Сыченкова, С. А. Совершенствование химической защиты лука репчатого от трипса / С. А. Сыченкова // Овочівництво і баштанництво: історичні аспекти, сучасний стан, проблеми і перспективи розвитку: матеріали VI Міжнарод. наук.-практ. конф. (у рамках V наук. форуму «Науковий тиждень у Крутах – 2020», 10–11 берез. 2020 р., с. Крути, Черніг. обл.): у 5 т. / ДС «Маяк» ІОБ НААН; відп. за вип. О. В. Позняк. – Обухів, 2020. – Т. 1. – С. 142–150.
14. Чайковский, А. И. Стратегия развития отрасли овощеводства Республики Беларусь в условиях изменения климата / А. И. Чайковский // Земледелие и растениеводство. – 2020. – № 6 (133). – С. 56–59.
15. Волков, О. Г. Некоторые особенности методов выявления и идентификации карантинных видов трипсов / О. Г. Волков // Карантин растений. Наука и практика. – 2014. – № 3 (9). – С. 34–40.
16. Голуб, В. Б. Коллекции насекомых: сбор, обработка и хранение материала / В. Б. Голуб, М. Н. Пуриков, А. А. Прокин. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Т-во науч. изд. КМК, 2021. – 358 с.
17. Thysanoptera / L. A. Mound, G. D. Morison, B. R. Pitkin, J. M. Palmer. – London: The Roy. Entomological Soc., 1976. – 79 p. – (Handbooks for the identification of British insects; vol. 1, pt. 11).
18. Mound, L. A. Thysanoptera: an identification guide / L. A. Mound, G. Kibby. – 2nd ed. – Wallingford: CABI, 1998. – 70 p.
19. Определитель насекомых Дальнего Востока: в 6 т. / АН СССР, Дальневост. науч. центр, Биол.-почв. ин-т; под общ. ред. П. А. Лера. – Л.: Наука, Ленингр. отд-ние, 1986. – Т. 1: Первичнобескрылые, древнекрылые, с неполным превращением. – 453 с.
20. Определитель насекомых Европейской части СССР: в 5 т. / гл. ред. Г. Я. Бей-Биенко. – М.; Л.: Наука, 1964. – Т. 1: Низшие, древнекрылые, с неполным превращением. – 936 с.
21. Thrips of California 2012: helping distinguish pest species among California's rich thrips fauna. – URL: https://keys.lucidcentral.org/keys/v3/thrips_of_california/Thrips_of_California.html (date of access: 01.08.2022).
22. Рожина, В. И. Яйцекладные трипсы (THYSANOPTERA, TEREBRANTIA) в Подкарантинной продукции, поступающей в Калининградскую область / В. И. Рожина // Карантин растений. Наука и практика – 2016. – № 3 (17). – С. 46–52.
23. Вредители тепличных и оранжерейных растений (морфология, образ жизни, вредоносность, борьба) / под ред. А. К. Ахатова, С. С. Ижевского. – М.: Т-во науч. изд. КМК, 2004. – 307 с.

References

1. Diaz-Montano J., Fuchs M., Nault B. A., Fail J., Shelton A. M. Onion thrips (Thysanoptera: Thripidae): a global pest of increasing concern in onion. *Journal of Economic Entomology*, 2011, vol. 104, no. 1, pp. 1–13. <https://doi.org/10.1603/ec10269>
2. Dyadechko N. P. *Thrips or fringe-winged insects (Thysanoptera) of the European part of the USSR*. Kiev, Urozhai Publ., 1964. 388 p. (in Russian).
3. Mound L. A., Teulon D. A. J. Thysanoptera as phytophagous opportunists. *Thrips biology and management. NATO ASI series*, vol. 276. New York, 1995, pp. 3–19. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-1409-5_1
4. Slobodenyuk O. I. *Western flower thrips Frankliniella occidentalis Pergande (Thysanoptera: Thripidae) as a structural element of closed ecosystems of Ukraine*. Dnipropetrovsk, 2006. 20 p. (in Ukrainian).
5. Stuart R. R., Gao Y., Lei Z. Thrips: pests of concern to China and the United States. *Agricultural Sciences in China*, 2011, vol. 10, no. 6, pp. 867–892. [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(11\)60073-4](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(11)60073-4)
6. Kudryashova L. Yu., Nefedova L. I., Sukhoruchenko G. I. Food specialization of Echinothrips Americanus Morg. (Thysanoptera, Thripidae). *Vestnik zashchity rastenii = Plant Protection News*, 2014, no. 4, pp. 18–26 (in Russian).
7. Dobrokhoto S. A. *Improvement of breeding methods and application of predatory ticks of the genus Amblyseius for thrips control in greenhouses*. St. Petersburg, 2008. 19 p. (in Russian).
8. Klishina I. S. *Phytosanitary rationale for the control of quarantine thrips species in greenhouses in north-west Russia*. St. Petersburg, 2009. 19 p. (in Russian).
9. Klechkovskiy Y., Glushkova S., Palagina O. Thrips are dangerous pests of vegetable crops. *Karantin i zakhyst roslyn = Quarantine and Plant Protection*, 2019, no. 7–8 (256), pp. 5–10 (in Ukrainian).
10. Nuzhdin V. F., Ryabchinskii A. V. Monitoring of thrips on sugar beet seedlings. *Zashchita i karantin rastenii = Plant Protection and Quarantine*, 2008, no. 6, pp. 36–37 (in Russian).
11. Bezuglov V. G. Phytosanitary state of agricultural crops in the Russian Federation and measures to prevent and eliminate the negative impact of pests on them. *AgroEkoInfo = AgroEcoInfo*, 2009, no. 2 (5). Available at: <https://agroecoinfo.ru/> (accessed 26 Desember 2023) (in Russian).
12. Zhumanazarov Kh. U., Abdullaev I. I., Gandzhaeva L. A., Iskandarov A. I. Tobacco (onion) thrips and control methods. *Issledovanie putei sovershenstvovaniya nauchno-tehnicheskogo potentsiala obshchestva v strategicheskoy periode: sbornik statei mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Magnitogorsk, 27 maya 2022 g.* [Study of ways to improve the scientific and technological potential of the society in the strategic period: collection of articles of the international scientific and practical conference, Magnitogorsk, May 27, 2022]. Ufa, 2022, pt. 2, pp. 26–29 (in Russian).
13. Sychenkova S. A. Improvement of chemical protection of onions against thrips. *Ovochivnistvo i bashtanitstvo: istorichni aspekti, suchasnyi stan forumu "Naukoviy tizhden' u Krutakh – 2020", 10–11 bereznya, problemi i perspektivi rozviku: materialy VI Mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferentsii (u ramkakh V naukovo 2020 r., s. Kruti, Chernigivs'ka oblast') [Vegetable and melon growing: historical aspects, current state, problems and prospects for development: proceedings of the 6th International scientific and practical conference (within the framework of the 5th scientific forum "Science Week in Kruty – 2020", March 10–11, 2020, Kruty village, Chernihiv region)]*. Obukhiv, 2020, vol. 1, pp. 142–150 (in Ukrainian).
14. Chaikovskii A. I. Strategy of vegetable growing industry development of the Republic of Belarus in the context of climate change. *Zemledelie i rastenievodstvo = Crop Farming and Plant Growing*, 2020, no. 6 (133), pp. 56–59 (in Russian).

15. Volkov O. G. Some features of methods for detection and identification of quarantine thrips species. *Karantin rastenii. Nauka i praktika = Plant Health. Research and Practice*, 2014, no. 3 (9), pp. 34–40 (in Russian).
16. Golub V. B., Tsurikov M. N., Prokin A. A. *Insect collections: collection, processing and storage of material*. Moscow, KMK Scientific Press, 2021. 358 p. (in Russian).
17. Mound L. A., Morison G. D., Pitkin B. R., Palmer J. M. Thysanoptera. *Handbooks for the identification of British insects. Vol. 1, pt. 11*. London, The Royal Entomological Society, 1976. 79 p.
18. Mound L. A., Kibby G. *Thysanoptera: an identification guide*. 2nd ed. Wallingford, CABI, 1998. 70 p.
19. Ler P. A. (ed.). *Identifier of insects of the Far East: in 6 volumes. Vol. 1. Apterygota, palaeopterous, and with incomplete metamorphosis*. Leningrad, Nauka Publ., 1986. 453 p. (in Russian).
20. Bei-Bienko G. Ya. (ed.). *Insect identifier of the European part of the USSR: in 5 volumes. Vol. 1. Lower, palaeopterous, and with incomplete metamorphosis*. Moscow, Leningrad, Nauka Publ., 1964. 936 p. (in Russian).
21. *Thrips of California 2012: helping distinguish pest species among California's rich thrips fauna*. Available at: https://keys.lucidcentral.org/keys/v3/thrips_of_california/Thrips_of_California.html (accessed 1 August 2022).
22. Rozhina V. I. Terebrant thrips (THYSANOPTERA, TEREBRANTIA) in regulated articles imported in the Kaliningrad region. *Karantin rastenii. Nauka i praktika = Plant Health. Research and Practice*, 2016, no. 3 (17), pp. 46–52 (in Russian).
23. Akhatov A. K., Izhevskii S. S. (eds.). *Pests of greenhouse and glasshouse plants (morphology, life style, harmfulness, control)*. Moscow, KMK Scientific Press, 2004. 307 p. (in Russian).

Информация об авторах

Романовский Сергей Иванович – научный сотрудник лаборатории защиты овощных культур и картофеля, Институт защиты растений, Национальная академия наук Беларуси (ул. Мира, 2, 223011, Прилуки, Минский район, Минская область, Республика Беларусь). E-mail: romass_86@mail.ru

Войтка Дмитрий Владимирович – кандидат биологических наук, доцент, заведующий лабораторией микробиологического метода защиты растений от вредителей и болезней, Институт защиты растений, Национальная академия наук Беларуси (ул. Мира, 2, 223011, Прилуки, Минский район, Минская область, Республика Беларусь). E-mail: d.voitka@tut.by

Information about the authors

Sergey I. Romanovskiy – Researcher at the Laboratory of the Protection of Vegetables and Potatoes, Institute of Plant Protection, National Academy of Sciences of Belarus (2, Mira St., 223011, Priluki, Minsk District, Minsk Region, Republic of Belarus). E-mail: romass_86@mail.ru

Dmitry V. Voitka – Ph. D. (Biology), Associate Professor, Head of the Laboratory of Microbiological Method of Plant Protection against Pests and Diseases, Institute of Plant Protection, National Academy of Sciences of Belarus (2, Mira St., 223011, Priluki, Minsk District, Minsk Region, Republic of Belarus). E-mail: d.voitka@tut.by

ISSN 1817-7204 (Print)

ISSN 1817-7239 (Online)

УДК 633.31:631.531.011.2

<https://doi.org/10.29235/1817-7204-2025-63-4-315-325>

Поступила в редакцию 09.04.2025

Received 09.04.2025

В. Н. Золотарев, Т. В. Козлова*Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса,
Лобня, Российская Федерация*

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОСЕВНЫХ КАЧЕСТВ И ДИНАМИКИ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН ЛЮЦЕРНЫ

Аннотация. Посевные качества семян определяют потенциал стартового развития растений на начальных этапах их онтогенеза. В настоящее время основными нормируемыми показателями при сертификации партий посевного материала, определяющими его хозяйственную годность, являются энергия прорастания и всхожесть. Однако они не позволяют достоверно прогнозировать полевую всхожесть. Цель исследований – изучить влияние продолжительности хранения на посевные качества семян сортов люцерны по комплексу показателей, включающих определение всхожести, энергии, дружности и скорости прорастания, ее индекса, а также динамического процесса герминации семян. Анализ кинетики прорастания семенного материала при двух температурных режимах – +10 и +20 °C – позволил выявить общую закономерность: у всех сортов максимальное количество семян проросло после 1 года хранения. В условиях более высокого температурного фона скорость прорастания семян после их хранения на протяжении от 1 года до 12 лет уменьшалась на 35–62 %. Корреляционный анализ взаимосвязи энергии и дружности прорастания семян после их хранения на протяжении от 1 года до 6 лет при режиме проращивания +20 °C выявил тесную зависимость этих показателей ($r = 0,882$). Взаимосвязь этих параметров на фоне проращивания семян при +10 °C также была высокой ($r = 0,838$). В соответствии с требованиями ГОСТ Р 52325-2005 сохранение стандартных показателей всхожести у семян сорта Вела наблюдалось на протяжении 6,5–7,5 года, у сорта Воронежская 6 – до 7,5 года и Павловской 7 – до 8,5 года.

Ключевые слова: люцерна, сорта, посевные качества семян, длительность хранения

Для цитирования: Золотарев, В. Н. Методы исследования посевных качеств и динамики прорастания семян люцерны / В. Н. Золотарев, Т. В. Козлова // Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сэрыя аграрных навук. – 2025. – Т. 63, № 4. – С. 315–325. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2025-63-4-315-325>

Vladimir N. Zolotarev, Tatiana V. Kozlova*Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, Lobnya, Russian Federation*

METHODS OF STUDYING SOWING QUALITIES AND GERMINATION DYNAMICS OF ALFALFA SEEDS

Abstract. Sowing qualities of seeds determine the potential of the initial development of plants at the initial stages of their ontogenesis. Currently, the main standardized indicators in the certification of batches of seed material, determining its economic suitability, are germination energy and germination. However, they do not allow to reliably predict field germination. The purpose of the research is to study the effect of storage duration on the sowing qualities of seeds of alfalfa varieties by a set of indicators, including the determination of germination, energy, uniformity and rate of germination, its index, as well as the dynamic process of seed germination. Analysis of the kinetics of seed germination at two temperature regimes – +10 and +20 °C – revealed a general pattern: in all varieties, the maximum number of seeds germinated after one year of their storage. At a higher temperature background, the rate of seed germination after their storage for 1 to 12 years decreased by 35–62 %. Correlation analysis of the relationship between the energy and uniformity of seed germination after their storage for 1 to 6 years under the germination regime of +20 °C revealed a close dependence of these indicators ($r = 0.882$). The relationship of these parameter indicators against the background of seed germination at +10 °C was also high ($r = 0.838$). In accordance with the requirements of GOST R 52325-2005, the preservation of standard germination indicators in the seeds of the Vela variety was observed for 6.5–7.5 years, in the Voronezhskaya 6 variety – up to 7.5 years, and in the Pavlovskaya 7 variety – up to 8.5 years.

Keywords: alfalfa, varieties, sowing qualities of seeds, storage duration

For citation: Zolotarev V. N., Kozlova T. V. Methods of studying sowing qualities and germination dynamics of alfalfa seeds. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2025, vol. 63, no. 4, pp. 315–325 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2025-63-4-315-325>

Введение. Урожайность сельскохозяйственных культур отражает их адаптивные возможности в определенных экологических и агротехнических условиях, а растения, выросшие в данных условиях, дают семена, отличающиеся специфичными генетическими, физическими свойствами и посевными качествами, в связи с чем их анализу следует уделять пристальное внимание [1, 2]. У сортов различных видов семена являются носителями генетических наследственных улучшений, достигнутых современной селекцией растений, и оценка их посевных качеств осуществляется в соответствии с принятыми системами сертификации [3]. В настоящее время при сертификации партий посевного материала многолетних бобовых трав в системе семенного контроля энергия прорастания и лабораторная всхожесть являются наиболее значимыми показателями оценки хозяйственной пригодности семян. Параметры их значений дают возможность быстро, информативно, а главное, воспроизводимо охарактеризовать партии семян различных культур [4].

Однако критерии только этих показателей дают ограниченные объективные сведения о степени жизнеспособности семян, не прогнозируют перспективу формирования развитых проростков и возможность получения из них сильных всходов в полевых условиях. Необходимы дополнительные содержательные показатели определения биологической полноценности семян, отражающие их способность во время прорастания формировать высококонкурентные всходы. Поэтому, наряду с традиционно используемыми показателями качества семян – всхожестью и энергией прорастания, для оценки критериев их хозяйственных свойств целесообразно также определять скорость и дружность прорастания, так как эти показатели более тесно связаны с полевой всхожестью и оказывают влияние на развитие всходов и ювенильных растений на ранних этапах онтогенеза [5–7]. Кроме того, в научно-исследовательской работе по изучению показателей энергии прорастания и всхожести, которые предоставляют информацию только о числе проросших семян на определенную дату после постановки на проращивание, этого часто бывает недостаточно. В таких случаях процесс проращивания целесообразно изучать в динамике, осуществляя учет числа проросших семян многократно через определенные промежутки времени [4]. Обычно первыми дают всходы семена с потенциально наибольшей силой роста. Чем раньше появятся проростки, тем быстрее они перейдут к автотрофному питанию и развитию в полевых условиях [5].

Семена люцерны способны прорасти в широком диапазоне температур, от +5 до +40 °C, наиболее интенсивно – в интервале 11,7–21,1 °C [8]. Параметры динамики прорастания семян при разных температурных режимах представляют практический интерес для разработки методов предпосевной подготовки посевного материала [9], а также позволяют прогнозировать полевую всхожесть в зависимости от степени прогрева почвы и, в соответствии с этим, корректировать нормы высева.

В современном семеноведении посевные качества семян рассматриваются как совокупность их биологических и хозяйственных свойств, отражающих пригодность к посеву и способность к формированию полноценных всходов [10]. Посевные качества семян являются интегрированным показателем, суммирующим проявление особенностей сложных физиолого-биохимических процессов, протекающих в семенах при их развитии и отражающих условия формирования урожая в зависимости от флуктуаций комплекса экзогенных и эндогенных императивных факторов, складывающихся в определенных экологических условиях [11]. У люцерны семена, как фактор урожайности, имеют свои биологические особенности, которые в разные годы могут существенно изменяться [12–14]. Одним из характерных генетически обусловленных свойств люцерны является твердосемянность, на проявление которой в количественном отношении (от 8 до 99 %) влияют погодные условия вегетационных сезонов и реакция на них отдельных генотипов, продолжительность хранения семян, применяемые для обработки препараты и другие факторы воздействия [15–17]. При этом хранение семян при положительной температуре не обязательно снижает содержание твердых семян даже в течение нескольких лет [18].

Для практического семеноводства, в том числе при формировании страховых фондов, большой научный интерес имеет изучение биологической долговечности и продолжительности сохранения хозяйственной годности посевного материала при его хранении [19, 20]. Старение семян – это необратимый и естественный процесс, при котором их всхожесть снижается или теряется полностью [21]. Имеющиеся сведения о долговечности семян указывают, что у люцерны изменчивой при начальной исходной высокой всхожести после незначительного ее снижения (на 10 %) в 1-й год жизнеспособность семян может сохраняться на одном уровне в течение первых 5,5–6,0 года хранения, с дальнейшим уменьшением до 68–43 % в последующие 4 года [17, 20].

В зарубежных исследованиях для расширенной характеристики посевных качеств семян также определяется среднее время их прорастания [22]. Однако сравнительный анализ формулы для расчета этого показателя выявил ее идентичность с методикой расчета показателя скорости прорастания [2]. Представленные параметры характеризуют средневзвешенное количество суток, за которое прорастает одно семя.

Методологические подходы и методы оценки посевных качеств репродуктивных диаспор сельскохозяйственных культур в настоящее время продолжают расширяться и представляют большой научно-практический интерес для фундаментального развития семеноведения кормовых трав. Отдельные аспекты, специфичные для семян люцерны (обусловлены биологическими особенностями этой культуры), требуют проведения исследований с охватом более широкого пула показателей, комплексно отражающих признаки и свойства посевного материала.

Цель исследований – изучить влияние продолжительности хранения на посевные качества семян сортов люцерны по комплексу показателей, включающих определение всхожести, энергии, дружности, скорости прорастания и ее индекса, а также динамического процесса герминации семенного материала при разных температурных режимах.

Материалы и методика проведения. Исследования проводили в Федеральном научном центре кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса (ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса») в 2010–2022 гг. с посевным материалом люцерны изменчивой (*Medicago sativa* L. *notho subs. varia* (Martyn) Arcang.) сортов: Вела – пестрогибридного сортотипа и Воронежская 6 – синегибридного сортотипа; люцерны желтой (*Medicago sativa* L. *falcata* (L.) Arcang.) – Павловская 7. Исследуемые семена сортов люцерны урожаев 2010–2015 гг. были получены из питомников коллекций Воронежской опытной станции по многолетним травам. Семена хранились в складском отапливаемом помещении при умеренных плюсовых температурах и неконтролируемой естественной влажности воздуха в мешочках из хлопковой ткани. Влажность семян после 1 года хранения составляла 9,0–9,3 %, в последующий период – 8,2–7,1 %.

Лабораторные опыты по определению значений энергии прорастания, лабораторной всхожести и ее динамики закладывали согласно ГОСТ 12038-84 («Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести») в продезинфицированных спиртом чашках Петри в четырехкратной повторности по 100 шт. семян. Проращивание производилось на фильтровальной бумаге (два слоя) в термостате ТСО-1/80 СПУ в темноте при постоянной температуре +20 °С (стандартный режим) и при +10 °С. В качестве увлажнителя использовали дистиллированную воду (первоначально 5–7 мл), которую затем по мере необходимости добавляли через 1–2 дня в объеме до 1 мл. Энергию прорастания люцерны изменчивой подсчитывали на 3-й день, у желтой – на 4-й день, лабораторную всхожесть определяли на 7-й день как количество фактически проросших семян. При этом день закладки семян на проращивание и день подсчета считали за одни сутки. Количество проросших семян в динамике фиксировали ежедневно на протяжении 8 сут в одно и то же время. К твердым относили семена, которые к моменту конечного определения всхожести не набухли и не изменили внешнего вида. Общее количество жизнеспособных семян считали суммарно с учетом твердых и проросших.

Для установления скорости (среднего времени) прорастания, при разных термических режимах проводили подсчеты каждые сутки и рассчитывали время, за которое проросло определенное количество семян. Скорость прорастания (СП) определяли на 7-й день по формуле

$$\text{СП} = \frac{(A_1 \cdot 1) + (A_2 \cdot 2) + \dots + (A_7 \cdot 7)}{\Sigma A_n},$$

где A_n – количество семян, проросших в 1, 2, ..., 7-е – сутки прорастания; ΣA_n – суммарное количество проросших семян за 7 сут.

Индекс скорости прорастания семян (ИСПС) рассчитывался по следующей формуле [23]:

$$\text{ИСПС} = [(A_1/1) + (A_2/2) + (A_n/n)],$$

где A – количество проросших семян в соответствующий день наблюдения; 1, 2, ..., n – сутки, на которые выполняется наблюдение.

Дружность прорастания (D) определяли как количество семян (в %), проросших за одни сутки. Этот показатель (% семян/сут) рассчитывали по формуле

$$D = \frac{A}{N},$$

где A – среднее количество проросших семян (%) из 100 шт. за весь стандартный для культуры период; N – фактическое количество суток, в которые эти семена прорастали.

Статистическую обработку экспериментальных данных методом дисперсионного анализа проводили с использованием группы пакета приложений Microsoft Office Word 2007 с помощью Excel 2000, программы Statistica 5.5.

Результаты и их обсуждение. Анализ показателей посевных качеств семян люцерны после периода их хранения от 1 года до 6 лет при стандартном температурном режиме проращивания (+20 °C) выявил существенные различия как среди сортов, так и в зависимости от года сбора урожая (табл. 1). Наиболее высокие значения энергии прорастания и лабораторной всхожести у всех представленных сортов были отмечены после 1 года хранения в диапазоне 67–91 % и 73–97 % соответственно (см. табл. 1). Величина значения энергии прорастания, отражающая способность семян к быстрому прорастанию, с течением времени понижается. Изучение динамики этого процесса показало, что при увеличении сроков хранения семенного материала более 1 года (до 4–6 лет) разных лет урожая у сортов Вела и Воронежская 6 после двухгодичного периода энергия прорастания снизилась соответственно на 7 и 29 % по отношению к одногодичному сроку и оставалась на этом уровне в последующий 3–5-летний период. У люцерны желтой сорта Павловская 7 уменьшение энергии прорастания через 5 и 6 лет хранения было наиболее выраженным (в 2,7–3,2 раза). Аналогичная закономерность наблюдалась и по изменению показателей всхожести (количество фактически проросших семян).

Величина показателей энергии прорастания и всхожести вариабельны и, наряду с запасом пластических веществ в семени и степени дифференциации зародыша на момент диссеминации, также определяется количеством твердых семян. Так, у сорта Павловская 6 при содержании твердых семян 51 % в урожае 2014 г. показатель энергии прорастания составлял всего 36 %, а при 6 % твердокаменности из сбора 2015 г. – 90 % (см. табл. 1). Аналогичная закономерность отмечается и у сорта Воронежская 6: значения энергии прорастания составляли от 61 до 91 % при соответствующем количестве твердых семян от 18 до 3 % в урожае разных лет (см. табл. 1).

При посеве в весенний период не всегда складываются благоприятные гидротермические условия для получения дружных всходов. В связи с этим целесообразно изучение динамики, скорости и дружности прорастания семян различных генотипов люцерны в условиях более низкого температурного фона, при котором ростовые процессы могут протекать с менее выраженной интенсивностью.

Установлено, что при использовании урожая разных лет при постоянной температуре +10 °C в 1-е сут прорастали единичные семена (1–2 %) только у сорта Вела всех сроков хранения (табл. 2). В последующие 2 дня отмечено массовое появление проростков, суммарно от 54 до 61 %, примерно с одинаковым распределением количества проросших по этим суткам. На 4-й день произошло резкое падение кривой темпа – с 25–29 до 8 % с дальнейшим снижением до 1 % на 7-е сут. В отличие от сорта Вела у люцерны Воронежская 6 и Павловская 7 при пониженном относительно стандартного температурном режиме (+10 °C) массовое прорастание наблюдалось на 3–4-е сут с аналогично выраженной динамикой падения показателей кинетики прорастания семян (см. табл. 2). При этом у сорта Воронежская 6 на 3-и сут фиксировались пиковые значения – проросло основное количество семян из партий всех 4 лет сроков хранения (41–61 %).

Сравнительная оценка темпов прорастания семян при разных термических фонах отражает их биологическую полноценность и адаптивные возможности реализации потенциалов генотипов в спонтанно складывающихся естественных полевых условиях. Анализ динамики прорастания семян при стандартном температурном режиме (+20 °C) показал, что у люцерны изменчивой сорта Воронежская 6 основное количество семян – от 52 до 76 %, в зависимости от срока хранения, –

проросло уже на 2-е сут (см. табл. 1). Аналогичная закономерность отмечена и у сорта Вела (40–45 %), однако уже с большей долей проросших семян на 3-й день (до 12–17 %). В отличие от люцерны изменчивой у люцерны желтой сорта Павловская 7 прорастание подавляющей части всех семян суммарно распределилось практически равными частями на 2-е и 3-и сут.

Изучение кинетики при двух контрастных температурных режимах позволило выявить общую закономерность – у всех сортов максимальное количество семян прорастало после 1 года их хранения. Затем, после снижения всхожести, в зависимости от температурного режима, на 7–32 %, в последующие 2–3 года этот показатель сохранялся на одном уровне. Количество жизнеспособных семян у всех трех сортов через год после уборки составляло 98–100 %, а через 3 года (урожай 2013 г.) уже от 73 % у Воронежской 6 до 87 % у сорта Вела.

Сравнительная оценка количества жизнеспособных семян, суммарно отражающих реакцию семенного материала на термические условия проращивания, показала, что в условиях пониженного температурного фона, в зависимости от срока хранения (до 6 лет), в целом по годам этот показатель снижался незначительно: у сорта Вела – всего на 1–3 %, у сорта Воронежская 6 – на 5–14 % и у Павловской 7 – на 1–7 % (см. табл. 1, 2). Наиболее выраженное негативное влияние пониженного температурного режима оказало на энергию прорастания. Отмечалось более существенное снижение этого показателя: у сорта Вела – на 4–8 %, у семян сорта Воронежская 6 после одногодичного срока хранения урожая 2015 г. – на 24 %, у Павловской 7 различных сроков хранения – на 6–31 %.

При увеличении продолжительности хранения семенного материала люцерны до 6–12 лет изменения посевных качеств у сортов по годам урожая было различным. Исследования показали, что изначально высокие посевные качества семян не гарантируют их сохранение на этом уровне в последующие годы. Так, у семян сорта Воронежская 6 урожая 2015 г. после 6,5 года хранения по сравнению с одногодичным сроком было отмечено наиболее сильное снижение показателей: энергии прорастания – на 51 %, всхожести – на 56 %, в целом жизнеспособных – на 58 % (см. табл. 1, 3). Вместе с тем у семян этого же сорта 2012–2014 гг. урожая после 7,5–9,5 года хранения посевные качества остались практически без изменений. При этом аналогичные закономерности отмечены у сортов Вела и Павловская 7. Однако, в отличие от сорта Воронежская 6, у этих сортов содержание жизнеспособных семян в урожае 2015 г. снизилось гораздо меньше – только на 13 и 18 % соответственно (см. табл. 1, 3).

Величина значения энергии прорастания, отражающая способность семян к быстрому прорастанию, с течением времени понижается, изменяются характер и темпы процесса появления проростков. Динамика изменений определяется биологическими особенностями, исходными характеристиками семян, режимом проращивания и др. Так, при стандартном термическом режиме проращивания (+20 °C) показатели энергии прорастания на уровне 60 % и более у люцерны изменчивой сорта Вела сохранялись до 7,5 года, у сорта Воронежская 6 – до 9,5 года (см. табл. 1, 3).

Кинетика герминации определялась температурным режимом, генотипом и сроком хранения семян. При +20 °C после 6,5–12 лет хранения у сортов Вела и Воронежская 6 наиболее массовое прорастание наблюдалось на 2-й день, а при +10 °C – на 3-й (см. табл. 3, 4). Следует отметить, что при температуре +20 °C у этих сортов практически все всхожие семена полностью проросли за 2–4-й дни (94–97 % от количества всхожих). В отличие от сортов люцерны изменчивой у люцерны желтой Павловская 7 при пониженном температурном режиме (+10 °C) основное количество семян проросло в течение 3–5-х сут. При этом в 1–2-й дни семена не прорастали (см. табл. 4).

Одной из важных характеристик посевного материала люцерны является содержание твердых семян, входящих в общее число жизнеспособных. Исследования выявили существенные различия этого показателя среди изучаемых сортов. Так, у сорта Вела в целом ежегодно в урожае стабильно отмечался примерно один уровень твердосемянности, 24–25 % (см. табл. 1). При хранении за 2 года этот показатель снизился до 19 %, а за 8,5 года – до 12–16 % (см. табл. 1–4). У сорта Павловская 6 из урожая пяти лет в двух случаях отмечалось высокое содержание твердых семян при проращивании при разных термических режимах, 27–28 % и 47–51 % (см. табл. 1, 2). При хранении урожая 2014 г. содержание твердых семян после 7,5 года снизилось с 47–51 до 35–44 %, а в урожае 2013 г. после 8,5 года – осталось на прежнем уровне (27–28 % против 25–28 %) (см. табл. 1–4). У сорта Воронежская 6 в урожае только одного года из четырех отмечалось низкое

Таблица 1. Динамика прорастания семян сортов люцерны при температуре +20 °С, по состоянию на сентябрь 2016 г.

Table 1. Dynamics of seed germination of alfalfa varieties at a temperature of +20 °C, as of September 2016

Сорт	Год урожая	Количество проросших семян, %								Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Содержание твёрдых семян, %	Содержание жизнеспособных семян, %	Скорость прорастания, сут	Индекс скорости прорастания	Дружность прорастания семян, %/сут
		День														
		1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й							
Вела	2013	4	45	15	2	1	1	0	0	64	68	19	87	2,32	32,4	11,3
	2014	8	42	12	3	1	1	0	0	62	67	20	87	2,25	34,1	11,2
	2015	10	40	17	2	3	0	1	0	67	73	25	98	2,34	36,9	12,2
Воронежская 6	2012	6	62	6	1	1	0	0	0	74	76	12	88	2,06	39,4	15,2
Воронежская 6	2013	2	52	7	1	0	0	0	0	61	62	11	73	2,11	30,6	15,5
Воронежская 6	2014	5	53	4	2	1	0	0	0	62	65	18	83	2,09	33,5	13,0
Воронежская 6	2015	6	76	9	3	2	1	0	0	91	97	3	100	2,20	48,3	16,2
Павловская 7	2010	0	16	14	4	1	0	0	0	34	35	4	39	2,71	13,9	8,8
Павловская 7	2011	0	13	13	1	1	0	0	0	27	28	1	29	2,64	12,0	7,0
Павловская 7	2013	0	28	20	8	1	0	0	0	56	57	27	84	2,68	22,9	14,2
Павловская 7	2014	0	19	13	4	1	1	1	1	36	39	51	90	2,85	13,8	8,5
Павловская 7	2015	3	44	35	8	1	1	1	0	90	93	6	99	2,64	39,2	13,3
НСР ₀₅	—	—	2,8	1,6	—	—	—	—	—	3,1	2,2	1,4	2,0	—	—	—

Таблица 2. Динамика прорастания семян сортов люцерны при температуре +10 °С, по состоянию на сентябрь 2016 г.

Table 2. Dynamics of seed germination of alfalfa varieties at a temperature of +10 °C, as of September 2016

Сорт	Год урожая	Количество проросших семян, %								Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Содержание твёрдых семян, %	Содержание жизнеспособных семян, %	Скорость про- растания, сут	Индекс скорости прорастания	Дружность прорастания семян, %/сут
		День														
		1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й							
Вела	2013	2	29	25	8	3	0,3	1	0	56	68	16	84	2,78	27,5	9,7
Вела	2014	1	29	27	8	2	1	1	1	57	69	18	86	2,76	27,1	9,9
Вела	2015	2	32	29	8	3	0	1	0	63	75	24	99	2,76	30,4	12,5
Воронежская 6	2012	0	6	48	13	3	0	0,3	1	54	70	12	83	3,25	22,9	14,0
Воронежская 6	2013	0	13	47	11	3	0,7	1	0	60	76	11	88	3,14	25,9	12,7
Воронежская 6	2014	0	5	41	14	5	0,3	1	1	46	66	14	71	3,41	24,4	11,0
Воронежская 6	2015	0	6	61	13	5	0	0,3	0	67	85	3	88	3,20	27,6	17,0
Павловская 7	2010	0	0	11	14	7	2	2	1	25	36	3	39	4,27	9,2	7,2
Павловская 7	2011	0	0	9	12	7	4	1	2	21	37	1	38	4,48	8,2	7,4
Павловская 7	2013	0	0	21	21	7	7	2	1	42	58	28	86	4,17	15,1	11,6
Павловская 7	2014	0	6	12	8	7	6	2	1	26	41	47	88	4,12	11,7	6,8
Павловская 7	2015	0	11	29	19	19	6	3	1	59	87	4	91	3,92	25,2	14,5
НСР ₀₅	—	—	1,2	1,9	1,3	—	—	—	—	3,3	2,3	1,3	2,2	—	—	—

Таблица 3. Динамика прорастания семян люцерны селекции Воронежской станции при температуре +20 °C, по состоянию на март 2022 г.

Table 3. Dynamics of germination of alfalfa seeds selected by the Voronezh station at a temperature of +20 °C, as of March 2022

Сорт	Год урожая	Количество проросших семян, %								Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Содержание твердых семян, %	Содержание жизнеспособных семян, %	Скорость прорастания, сут	Индекс скорости прорастания	Дружность прорастания семян, %/сут
		День														
		1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й							
Вела	2013	2	45	9	1	0	0	0	0	56	16	73	2,16	27,8		14,3
Вела	2014	5	49	11	2	1	0	0	0	65	21	89	2,19	33,9		13,6
Вела	2015	2	53	14	1	1	0	0	0	69	14	85	2,24	33,6		14,2
Воронежская 6	2012	2	59	4	2	0	0	0	0	65	14	81	2,09	33,3		16,8
Воронежская 6	2013	1	54	4	1	0	0	0	0	59	8	68	2,08	29,6		15,0
Воронежская 6	2014	6	54	4	1	0	0	0	0	64	14	79	2,00	34,6		16,2
Воронежская 6	2015	1	32	7	0	1	0	0	0	40	1	42	2,22	19,5		10,2
Павловская 7	2010	0	22	12	1	0	0	0	0	35	5	40	2,40	15,2		11,7
Павловская 7	2011	0	21	6	1	0	0	0	0	28	1	29	2,28	12,8		9,3
Павловская 7	2013	0	26	17	3	1	0	0	0	46	28	75	2,55	19,6		11,8
Павловская 7	2014	1	22	14	5	1	0	0	0	42	44	87	2,60	18,1		8,6
Павловская 7	2015	0	55	16	4	1	0	0	0	75	5	81	2,36	34,0		19,0
НСР ₀₅	—	—	2,3	1,6	—	—	—	—	—	3,8	0,8	2,3	—	—	—	—

Таблица 4. Динамика прорастания семян люцерны селекции Воронежской станции при температуре +10 °C, по состоянию на март 2022 г.

Table 4. Dynamics of germination of alfalfa seeds selected by the Voronezh station at a temperature of +10 °C, as of March 2022

Сорт	Год урожая	Количество проросших семян, %								Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Содержание твердых семян, %	Содержание жизнеспособных семян, %	Скорость прорастания, сут	Индекс скорости прорастания	Дружность прорастания семян, %/сут
		День														
		1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й							
Вела	2013	0	7	33	15	3	2	0	0	40	12	72	3,33	19,2		12,0
Вела	2014	0	10	40	8	2	1	0	0	50	20	81	3,08	20,9		12,2
Вела	2015	0	14	44	15	3	2	0	0	58	15	93	3,17	26,4		15,6
Воронежская 6	2012	0	8	43	10	4	2	1	0	51	15	83	3,29	22,1		11,3
Воронежская 6	2013	0	3	41	14	4	1	0	1	44	9	72	3,42	19,8		10,7
Воронежская 6	2014	0	12	40	7	3	1	1	0	52	10	74	3,12	22,0		10,7
Воронежская 6	2015	0	5	32	11	3	2	0	0	37	3	56	3,34	16,8		10,6
Павловская 7	2010	0	0	9	12	13	2	0	0	21	6	42	4,22	8,9		9,0
Павловская 7	2011	0	0	8	14	3	0	0	0	22	0	25	3,80	6,8		8,3
Павловская 7	2013	0	0	20	20	10	2	0	0	40	25	77	3,88	15,6		13,0
Павловская 7	2014	0	0	15	16	14	1	0	1	31	35	81	4,02	12,0		9,4
Павловская 7	2015	0	0	23	33	18	3	1	1	56	4	82	4,10	20,2		13,2
НСР ⁰⁵	—	—	—	1,7	1,1	—	—	—	—	2,4	0,7	2,0	—	—		—

количество твердых семян, 3 %, а в остальные три – от 11 до 18 % (см. табл. 1). В процессе хранения при 7,5-летней продолжительности у сорта Вела урожая 2014 г. содержание твердых семян не изменилось и составляет соответственно 20 и 21 % (см. табл. 1, 3). Тенденция к снижению этого показателя с 11 до 8 % у этого сорта наблюдалась только после 8,5 года хранения урожая 2013 г. (см. табл. 1, 3).

Определяемые при сертификации энергия прорастания и всхожесть, нормируемые в соответствии с требованиями ГОСТа для разных категорий посевного материала, позволяют получить информацию о количестве проросших семян на определенный день от их замачивания. Однако эти константные показатели не в полной мере характеризуют способность семенного материала сформировать дружные высококонкурентные всходы. Для комплексной оценки полноценности семян, наряду с энергией прорастания и всхожестью, в качестве дополнительных информативных показателей целесообразно определять средневзвешенные показатели скорости (среднего времени) прорастания семян, количественно характеризующие динамический процесс герминации семени в зависимости от изучаемых факторов.

Широкий спектр сравнительных исследований показал, что на температурно-временные реакции видов растений на внешние условия оказывают влияние географическое происхождение и адаптационные характеристики их сортов [24]. Исследования выявили, что после хранения семян люцерны на протяжении от 1 года до 6 лет превышение показателя скорости (среднего времени) прорастания при более высокой температуре, +20 °C, по сравнению с пониженным температурным фоном, +10 °C, у сорта Вела составило 16–23 %, у Воронежской 6 – 45–63 % и у Павловской 7 – 45–70 % (см. табл. 1, 2). После 6,5–12 лет продолжительности хранения семян разница этого показателя при разных термических режимах проращивания увеличилась: у сорта Вела – на 35–42 %, у Воронежской 6 – на 50–64 % и у Павловской 7 – на 52–74 % (см. табл. 3, 4). При этом рамки границ разнонаправленных изменений показателей скорости прорастания семян после их хранения в интервале от 1 года до 12 лет у генотипов были разными: при стандартном режиме проращивания (+20 °C) у сорта Вела колебания находились в пределах 3–7 %, у Воронежской 6 – от 1 до 4 %, у Павловской 7 – в диапазоне 5–14 %. При проращивании же семян в условиях пониженного температурного фона (+10 °C) скорость их прорастания после периода хранения от 1 года до 6 лет по сравнению с периодом 7,5–12 лет у сорта Вела снизилась на 12–20 %, у Воронежской 6 оставалась практически на одном уровне, а у Павловской 7 существенно повысилась у образца урожая 2011 г., на 28 % (см. табл. 2, 4). То есть при увеличении продолжительности хранения показатели скорости (среднего времени) прорастания семян, снижаются при их проращивании в условиях пониженного температурного фона.

Анализ кинетики прорастания семенного материала при двух температурных режимах – +10 и +20 °C – позволил выявить общую закономерность: у всех сортов максимальное количество семян проросло после 1 года их хранения. В условиях более высокого температурного фона скорость прорастания семян после их хранения на протяжении от 1 года до 12 лет уменьшалась на 35–62 %. Установление коэффициента корреляции между энергией и скоростью прорастания семян при сроке их хранения от 1 года до 6 лет при проращивании при +20 °C показало на слабую степень взаимосвязи ($r = -0,444$). Вместе с тем проращивание при +10 °C выявило тесную отрицательную зависимость между энергией и скоростью прорастания семян ($r = -0,822$).

Индекс скорости прорастания семян является показателем, наглядно отражающим динамику прорастания за установленный стандарт период времени. После хранения семян на протяжении от 1 года до 6 лет при режиме проращивания +20 °C индекс скорости на 18–21 % превосходил этот показатель у сорта Вела по сравнению с уровнем +10 °C, у Воронежской 6 – на 18–75 % и на 30–55 % – у Павловской 7 (см. табл. 1, 2). Аналогичная закономерность соотношения индекса у изучаемых сортов при разных термических условиях проращивания семян также наблюдалась и при более длительном периоде их хранения – в интервале 6,5–11,5 года (см. табл. 3, 4).

Для посева в условиях производства одной из наиболее важных характеристик семенного материала является дружность прорастания семян, которая определяет предпосылки для формирования агрофитоценозов с определенными оптимальными параметрами густоты стояния всходов, обеспечивающей максимальную реализацию потенциала продуктивности. При стандартном режиме проращивания (+20 °C) наиболее высокие показатели дружности в диапазоне от 14,2 до 16,2 % проросших

семян в сутки были отмечены у сортов Павловская 7 после 3 лет хранения урожая и у Воронежской 6 – от 1 года до 4 лет хранения (см. табл. 1). При увеличении продолжительности складирования на 6 лет самое высокое значение дружности прорастания (19 %) наблюдалось у сорта Павловская 7 урожая 2015 г., а также у сорта Воронежская 6 – в пределах 15,0–16,8 % после 7,5–9,5 года хранения (см. табл. 3). Определение дружности прорастания в условиях пониженного температурного фона (+10 °C) показало, что при сроке хранения 1–4 года самые высокие показатели (14,0–17,0 %) были у сорта Воронежская 6, а при увеличении продолжительности складирования до 6,5 года наиболее дружное прорастание (13,2–15,6 %) наблюдалось у сорта Вела урожая 2015 г. и у Павловской 7 (см. табл. 2, 4)

Корреляционный анализ взаимосвязи энергии и дружности прорастания семян после их хранения на протяжении от 1 года до 6 лет при режиме проращивания +20 °C выявил тесную зависимость этих показателей ($r = 0,882$). Взаимосвязь этих показателей на фоне пониженного температурного фона проращивания семян также была высокой ($r = 0,838$). В целом у сортов люцерны изменчивой Вела и Воронежская 6 уровень значений дружности прорастания со 2-го до 6-го года хранения семян был выше при температурном режиме +20 °C. У люцерны желтой сорта Павловская 7 динамика этого показателя на фоне +20 и +10 °C зависела от продолжительности хранения семян и была разнонаправленной.

В настоящее время при сертификации партий посевного материала многолетних бобовых трав показатель всхожести определяется как суммарное количество проросших и твердых семян, то есть в представленных исследованиях это число жизнеспособных семян. Согласно действующему ГОСТ Р 52325-2005 («Семена сельскохозяйственных растений. Сортные и посевные качества. Общие технические условия») показатели всхожести по категориям семян для люцерны изменчивой составляют 80 % – для оригинальных и элитных семян (ОС и ЭС), 75 % – для репродукционных семян (РС) и для люцерны желтой – 75 % у ОС, ЭС, 70 % – у РС. В соответствии с этими требованиями сохранение стандартных показателей всхожести у семян сорта Вела наблюдалось на протяжении 6,5–7,5 года, у сорта Воронежская 6 – до 7,5 года и Павловской 7 – до 8,5 года (см. табл. 3).

Выводы. Таким образом, общепринятые нормируемые ГОСТами показатели посевных качеств семян люцерны, используемые при сертификации, не дают развернутой объективной картины состояния семенного материала и не полностью отображают его потенциальные возможности по формированию дружных всходов. В научно-исследовательской работе, наряду с энергией прорастания и всхожестью, для комплексной характеристики семян различных генотипов люцерны, их долговечности целесообразно проводить определение дружности, скорости (среднего времени) прорастания семян, и ее индекса. Предложенные дополнительные показатели, а также полученные материалы по динамике прорастания семян в зависимости от продолжительности их хранения при разных термических режимах могут быть использованы в качестве методологической основы для получения расширенной информативной характеристики партий посевного материала не только люцерны, но и других бобовых трав.

Список использованных источников

1. Бабайцева, Т. А. Продуктивность и качество семян сортов озимой тритикале при разных приёмах посева / Т. А. Бабайцева, И. А. Рябова // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 1 (50). – С. 3–11.
2. Сыркина, Л. Ф. Сравнительный анализ лабораторного прорастания семян сортов зернового сорго / Л. Ф. Сыркина, Ю. Ю. Никонорова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Сельскохозяйственные науки. – 2022. – Т. 1, № 1 (1). – С. 55–58. <https://doi.org/10.37313/2782-6562-2022-1-1-55-58>
3. Legume seed production meeting market requirements and economic impacts / B. Boelt, B. Julier, Đ. Karagić, J. Hampton // Critical Reviews in Plant Sciences. – 2015. – Vol. 34, № 1–3. – P. 412–427. <https://doi.org/10.1080/07352689.2014.898477>
4. Бухаров, А. Ф. Кинетика прорастания семян. Методы исследования и параметры / А. Ф. Бухаров, Д. Н. Балеев, А. Р. Бухарова // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 2. – С. 5–19.
5. Шихова, И. В. Оценка морфофизиологических показателей и посевных качеств семян клевера лугового на ранних стадиях развития / И. В. Шихова, Е. Г. Арзамасова, Е. В. Попова // Таврический вестник аграрной науки. – 2022. – № 3 (31). – С. 198–210.
6. Марченко, Л. В. Сила роста семян у сортов люцерны изменчивой (*Medicago varia*) / Л. В. Марченко // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2012. – № 4 (227). – С. 76–81.
7. Нелюбина, Ж. С. Влияние ультрафиолетового облучения семян многолетних трав на их посевные качества / Ж. С. Нелюбина, Н. И. Касаткина // Аграрная наука. – 2021. – № 9. – С. 97–100. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-352-9-97-100>

8. Ahmed, L. Q. Genetic diversity of alfalfa (*Medicago sativa*) in response to temperature during germination / L. Q. Ahmed, J. L. Durand, A. J. Escobar-Gutiérrez // *Seed Science and Technology*. – 2019. – Vol. 47, № 3. – P. 351–356. <https://doi.org/10.15258/sst.2019.47.3.10>
9. Бухаров, А. Ф. Кинетические параметры прорастания семян укропа в условиях градиента температур / А. Ф. Бухаров, Д. Н. Балеев // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. – 2022. – № 3 (209). – С. 17–23. <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2022-209-3-17-23>
10. Кривобочек, В. Г. Оценка посевных качеств семян / В. Г. Кривобочек, А. П. Стаценко, М. С. Рязанцев // *Аграрный научный журнал*. – 2018. – № 7. – С. 10–13. <https://doi.org/10.28983/asj.v0i7.521>
11. Золотарев, В. Н. Агробиологические основы возделывания вики посевой (*Vicia sativa* L.) на семена в гетерогенных агроценозах в условиях Центрального Нечерноземья России / В. Н. Золотарев // *Сельскохозяйственная биология*. – 2016. – Т. 51, № 2. – С. 194–203. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2016.2.194rus>
12. Дюкова, Н. Н. Определение жизнеспособности и твердокаменности семян люцерны изменчивой в Северном Зауралье / Н. Н. Дюкова, А. С. Харалгин, А. А. Богомолов // *Аграрный вестник Урала*. – 2011. – № 9 (88). – С. 4–5.
13. Влияние предпосевной обработки семян многолетних бобовых культур на их прорастание / Н. И. Касаткина, Ж. С. Нелюбина, Н. П. Кондратьева, В. А. Руденок // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. – 2020. – № 5. – С. 30–33. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2020/5/30-33>
14. Епифанова, И. В. Оптимизация приёмов возделывания люцерны изменчивой на семена / И. В. Епифанова, О. А. Тимошкин // *Достижения науки и техники АПК*. – 2018. – Т. 32, № 8. – С. 39–41. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10810>
15. Влияние биоантиоксидантов на посевные качества семян клевера лугового и люцерны изменчивой / М. Г. Перевозкина, Д. И. Еремин, Р. И. Белкина [и др.] // *Аграрный вестник Урала*. – 2016. – № 8 (150). – С. 52–57.
16. Seed dormancy and germination in alfalfa (*Medicago falcata* L.) / S. Wang, F. Shi, R. Shi, Y. Zhang // *Legume Research*. – 2024. – Vol. 47, № 2. – P. 234–241. <https://doi.org/10.18805/LRF-758>
17. Динамика изменения твердосемянности сортов люцерны в зависимости от сроков хранения семян / С. А. Игнатьев, А. А. Регидин, Т. В. Грязева, К. Н. Горюнов // *Зерновое хозяйство России*. – 2019. – № 6 (66). – С. 46–49. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-66-6-46-49>
18. Wettability and water uptake improvement in plasma-treated alfalfa seeds / M. Holc, P. Gselman, G. Prime [et al.] // *Agriculture*. – 2022. – Vol. 12, № 1. – Art. 96. <https://doi.org/10.3390/agriculture12010096>
19. Андросова, Д. Н. Влияние сроков хранения на всхожесть и характер прорастания семян некоторых полезных растений Якутии / Д. Н. Андросова, Н. С. Данилова, С. З. Борисова // *Растительные ресурсы*. – 2019. – Т. 55, № 3. – С. 353–361. <https://doi.org/10.1134/S003399461903004X>
20. Феоктистова, Н. А. Сроки хранения семян многолетних трав для селекционных питомников / Н. А. Феоктистова // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. – 2023. – Т. 184, № 2. – С. 76–86. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2023-2-76-86>
21. Non-destructive identification of naturally aged alfalfa seeds via multispectral imaging analysis / X. Wang, H. Zhang, R. Song [et al.] // *Sensors*. – 2021. – Vol. 21, № 17. – Art. 5804. <https://doi.org/10.3390/s21175804>
22. Iannucci, A. Alfalfa (*Medicago sativa* L.) seed yield and quality under different forage management systems and irrigation treatments in a Mediterranean environment / A. Iannucci, N. Di Fonzo, P. Martiniello // *Field Crops Research*. – 2002. – Vol. 78, № 1. – P. 65–74. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(02\)00094-1](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(02)00094-1)
23. Wiese, A. M. Calculating the threshold temperature of development for weeds / A. M. Wiese, L. K. Binning // *Weed Science*. – 1987. – Vol. 35, № 2. – P. 177–179. <https://doi.org/10.1017/S0043174500079017>
24. Thermal time basis for comparing the germination requirements of alfalfa cultivars with different fall dormancy ratings / Y. Wu, H. Zhang, Y. Tian [et al.] // *Agronomy*. – 2023. – Vol. 13, № 12. – Art. 2969. <https://doi.org/10.3390/agronomy13122969>

References

1. Babaytseva T. A., Ryabova I. A. Yield and seed quality of winter triticale varieties under different seeding methods. *Vestnik Izhevskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaystvennoi akademii* = *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*, 2017, no. 1 (50), pp. 3–11 (in Russian).
2. Syrkina L. F., Nikonorova Yu. Yu. Comparative analysis of laboratory germination of seeds of grain sorghum varieties. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk. Sel'skokhozyaystvennye nauki* = *Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Agricultural Sciences*, 2022, vol. 1, no. 1 (1), pp. 55–58 (in Russian). <https://doi.org/10.37313/2782-6562-2022-1-1-55-58>
3. Boelt B., Julier B., Karagić Đ., Hampton J. Legume seed production meeting market requirements and economic impacts. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 2015, vol. 34, no. 1–3, pp. 412–427. <https://doi.org/10.1080/07352689.2014.898477>
4. Bukharov A. F., Baleyev D. N., Bukharova A. R. Kinetics of seed germination. Research methods and parameters. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaystvennoi akademii* = *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*, 2017, no. 2, pp. 5–19 (in Russian).
5. Shikhova I. V., Arzamasova E. G., Popova E. V. Evaluation of morphophysiological indicators and sowing quality of *Trifolium pratense* L. seeds at the early stages of development. *Tavrisheskii vestnik agrarnoi nauki* = *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*, 2022, no. 3 (31), pp. 198–210 (in Russian).
6. Marchenko L. V. Seed vigor in bastard alfalfa varieties (*Medicago varia*). *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaystvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2012, no. 4 (227), pp. 76–81 (in Russian).

7. Nelyubina Zh. S., Kasatkina N. I. Influence of ultraviolet irradiation of perennial grasses seeds on their sowing quality. *Agrarnaya nauka = Agrarian Science*, 2021, no. 9, pp. 97–100 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-352-9-97-100>
8. Ahmed L. Q., Durand J. L., Escobar-Gutiérrez A. J. Genetic diversity of alfalfa (*Medicago sativa*) in response to temperature during germination. *Seed Science and Technology*, 2019, vol. 47, no. 3, pp. 351–356. <https://doi.org/10.15258/sst.2019.47.3.10>
9. Bukharov A. F., Baleev D. N. Kinetic parameters of dill seed germination under temperature gradient conditions. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2022, no. 3 (209), pp. 17–23 (in Russian). <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2022-209-3-17-23>
10. Krivobochek V. G., Statsenko A. P., Ryazantsev M. S. Assessment of seed quality. *Agrarnyi nauchnyi zhurnal = The Agrarian Scientific Journal*, 2018, no. 7, pp. 10–13 (in Russian). <https://doi.org/10.28983/asj.v0i7.521>
11. Zolotarev V. N. Agrobiological bases of vetch (*Vicia sativa* L.) cultivation for seeds in the Central Russia using heterogeneous agrocenoses. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2016, vol. 51, no. 2, pp. 194–203. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2016.2.194eng>
12. Dyukova N. N., Haralgin A. S., Bogomolov A. A. Vitality test and hardness of alfalfa seeds in the Northern Trans-Urals area. *Agrarnyi vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*, 2011, no. 9 (88), pp. 4–5 (in Russian).
13. Kasatkina N. I., Nelyubina Zh. S., Kondrat'eva N. P., Rudenok V. A. Influence of pre-sowing seeds treatment of perennial legumes on their germination. *Vestnik Rossijskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki = Vestnik of the Russian Agricultural Science*, 2020, no. 5, pp. 30–33 (in Russian). <https://doi.org/10.30850/vrsn/2020/5/30-33>
14. Epifanova I. V., Timoshkin O. A. Optimization of cultivation of *Medicago varia* for seeds. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*, 2018, vol. 32, no. 8, pp. 39–41 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10810>
15. Perevozskina M. G., Eremin D. I., Belkina R. I., Marchenko L. V., Gubanova V. M., Gubanov M. V. Influence of bioantioxidants on sowing qualities of seeds of red clover and bastard alfalfa. *Agrarnyi vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*, 2016, no. 8 (150), pp. 52–57 (in Russian).
16. Wang S., Shi F., Shi R., Zhang Y. Seed dormancy and germination in alfalfa (*Medicago falcata* L.). *Legume Research*, 2024, vol. 47, no. 2, pp. 234–241. <https://doi.org/10.18805/LRF-758>
17. Ignatiev S. A., Regidin A. A., Gryazeva T. V., Goryunov K. N. Dynamics of alfalfa seed hardness change depending on the seed storage time. *Zernovoe khozyaistvo Rossii = Grain Economy of Russia*, 2019, no. 6 (66), pp. 46–49 (in Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-66-6-46-49>
18. Holc M., Gselman P., Prime G., Vesel A., Mozetič M., Recek N. Wettability and water uptake improvement in plasma-treated alfalfa seeds. *Agriculture*, 2022, vol. 12, no. 1, art. 96. <https://doi.org/10.3390/agriculture12010096>
19. Androsova D. N., Danilova N. S., Borisova S. Z. Effect of storage duration on germinative capacity and character of seed germination of Yakutian plants. *Rastitelnye Resursy*, 2019, vol. 55, no. 3, pp. 353–361 (in Russian). <https://doi.org/10.1134/S003399461903004X>
20. Feoktistova N. A. Storage life for seeds of perennial grasses for breeding nurseries. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i seleksii = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*, 2023, vol. 184, no. 2, pp. 76–86 (in Russian). <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2023-2-76-86>
21. Wang X., Zhang H., Song R., He X., Mao P., Jia S. Non-destructive identification of naturally aged alfalfa seeds via multispectral imaging analysis. *Sensors*, 2021, vol. 21, no. 17, art. 5804. <https://doi.org/10.3390/s21175804>
22. Iannucci A., Di Fonzo N., Martiniello P. Alfalfa (*Medicago sativa* L.) seed yield and quality under different forage management systems and irrigation treatments in a Mediterranean environment. *Field Crops Research*, 2002, vol. 78, no. 1, pp. 65–74. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(02\)00094-1](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(02)00094-1)
23. Wiese A. M., Binning L. K. Calculating the threshold temperature of development for weeds. *Weed Science*, 1987, vol. 35, no. 2, pp. 177–179. <https://doi.org/10.1017/S0043174500079017>
24. Wu Y., Zhang H., Tian Y., Song Y., Li Q. Thermal time basis for comparing the germination requirements of alfalfa cultivars with different fall dormancy ratings. *Agronomy*, 2023, vol. 13, no. 12, art. 2969. <https://doi.org/10.3390/agronomy13122969>

Информация об авторах

Золотарев Владимир Николаевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса (ул. Научный городок, корп. 1, 141055, Лобня, Московская область, Российская Федерация). <http://orcid.org/0000-0001-5926-9387>. E-mail: semvik@vniikormov.ru

Козлова Татьяна Всеволодовна – научный сотрудник, Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса (ул. Научный городок, корп. 1, 141055, Лобня, Московская область, Российская Федерация). <https://orcid.org/0009-0001-9328-2240>. E-mail: labsemva@yandex.ru

Information about the authors

Vladimir N. Zolotarev – Ph. D. (Agriculture), Associate Professor, Leading Researcher, Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology (Building 1, Nauchny Gorodok St., 141055, Lobnya, Moscow Region, Russian Federation). <http://orcid.org/0000-0001-5926-9387>. E-mail: semvik@vniikormov.ru

Tatiana V. Kozlova – Researcher, Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology (Building 1, Nauchny Gorodok St., 141055, Lobnya, Moscow Region, Russian Federation). <https://orcid.org/0009-0001-9328-2240>. E-mail: labsemva@yandex.ru

ISSN 1817-7204 (Print)

ISSN 1817-7239 (Online)

ЖЫВЁЛАГАДОЎЛЯ І ВЕТЭРЫНАРНАЯ МЕДЫЦЫНА

ANIMAL HUSBANDRY AND VETERINARY MEDICINE

УДК 636.22/.28.034.082.12

<https://doi.org/10.29235/1817-7204-2025-63-4-326-332>

Поступила в редакцию 08.08.2025

Received 08.08.2025

**А. И. Портной, И. П. Шейко, В. Н. Тимошенко, Н. В. Журина,
А. И. Ганджа, Н. И. Песоцкий, Е. Н. Песоцкий**

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству,
Жодино, Республика Беларусь*

ПОРОДНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ СОХРАННОСТЬ МОЛОЧНОГО СКОТА

Аннотация. Целью исследований было изучить породные особенности и генетические маркеры, определяющие сохранность молочного скота. Научно обоснованы пути повышения сохранности молочного скота на молочно-товарных фермах Республики Беларусь с учетом породных особенностей генетических маркеров. Установлено, что в условиях ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» при среднем годовом удое 8 000 кг молока сохранность коров красного молочного скота в течение пяти лактаций превышает аналогичный показатель сверстниц голштинской породы в 4,93 раза, при увеличении показателя среднего пожизненного удоя в переводе на базисную жирность на 7 267 кг молока. Выявлен ряд мутаций, обуславливающих развитие наследственных заболеваний, в различных половозрастных группах скота голштинской породы, что указывает на необходимость систематического генетического мониторинга с целью контроля распространения летальных аномалий в популяции животных. Систематический генетический мониторинг летальных аномалий позволит существенным образом повысить эмбриональную и раннюю постэмбриональную сохранность животных голштинской породы молочного скота отечественной селекции.

Ключевые слова: сохранность молочного скота, продуктивное долголетие, молочная продуктивность, коровы, красный молочный скот, голштинская порода, мутантные аллели генов

Для цитирования: Породные особенности и генетические маркеры, определяющие сохранность молочного скота / А. И. Портной, И. П. Шейко, В. Н. Тимошенко [и др.] // Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сэрыя аграрных навук. – 2025. – Т. 63, № 4. – С. 326–332. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2025-63-4-326-332>

**Aliaksandr I. Partny, Ivan P. Sheiko, Vladimir N. Timoshenko, Natalia V. Zhurina,
Alla I. Gandzha, Nikolai I. Pyasotski, Yaugeny N. Pyasotski**

*Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Breeding,
Zhodino, Republic of Belarus*

BREED CHARACTERISTICS AND GENETIC MARKERS DETERMINING THE SURVIVAL RATE OF DAIRY CATTLE

Abstract. The aim of the research was to study breed characteristics and genetic markers that determine the survival rate of dairy cattle. Ways to improve the survival rate of dairy cattle at commercial dairy farms in the Republic of Belarus have been scientifically substantiated, taking into account the breed characteristics of genetic markers. It has been found that at the SE “ZhodinoAgroPlemElita”, with an average annual milk yield of 8,000 kg, the survival rate of Red dairy cattle over five lactations, 4.93 times exceeds the same value of their Holstein counterparts, with an increase in the average lifetime milk yield in terms of basic fat content by 7,267 kg of milk. A number of mutations causing the development of hereditary diseases have been identified in various gender and age groups of Holstein cattle, indicating the need for systematic genetic monitoring to control the spread of lethal abnormalities in the animal population. Systematic genetic monitoring of lethal anomalies will significantly improve the embryonic and early postembryonic survival of Holstein dairy cattle of domestic selection.

Keywords: survival rate of dairy cattle, productive longevity, milk productivity, cows, Red dairy cattle, Holstein breed, mutant gene alleles

For citation: Partny A. I., Sheiko I. P., Timoshenko V. N., Zhurina N. V., Gandzha A. I., Pyasotski N. I., Pyasotski Ya. N. Breed characteristics and genetic markers determining the survival rate of dairy cattle. *Vesti Natsyynal'noi akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2025, vol. 63, no. 4, pp. 326–333 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2025-63-4-326-332>

Введение. Современное молочное скотоводство характеризуется широким переходом на интенсивное производство молока на молочно-товарных фермах и комплексах промышленного типа. За последнее десятилетие в Республике Беларусь значительно повысилась эффективность ведения отрасли молочного скотоводства: выросли рентабельность производства, продуктивность коров и валовое производство молока. Рост инвестиций, направляемых в молочную отрасль, способствует ее дальнейшей интенсификации [1]. В этой связи важнейшей проблемой является поиск резервов дальнейшего развития отечественного молочного скотоводства.

Существенным резервом дальнейшего развития отрасли молочного скотоводства в Республике Беларусь должна стать государственная программа повышения сохранности животных на современных молочных фермах промышленного типа, включающая комплекс научных, зоотехнических, ветеринарных и организационно-экономических мероприятий. Это вытекает из задач, поставленных Главой государства на совещании по кадровым вопросам, которое состоялось 30 июня 2025 г. [2]. Проблема сохранности молочного скота на современных фермах и повышение продуктивного долголетия животных на основе комплекса селекционно-генетических мероприятий в последние десятилетия широко освещается в международных публикациях, и ее решение является важнейшим условием дальнейшего развития отрасли молочного скотоводства [3–5].

По данным российских авторов В. Н. Суровцева и Ю. Н. Никулиной, рынок племенных продаж имеет самую высокую рентабельность. Однако низкий срок продуктивно-хозяйственного использования коров на современных молочных фермах является препятствием для полной реализации производственно-экономического и финансового потенциала этого рынка. Следующее негативное последствие низких сроков продуктивно-хозяйственного использования коров – это снижение уровня и даже полное отсутствие отбора и выранных ремонтных телок, что ведет к ограничению генетического прогресса в молочном скотоводстве [6]. В этой связи Х. А. Амерханов и другие ученые считают одним из основных показателей производственного использования крупного рогатого скота – возраст выбытия коров, который характеризует продуктивное долголетие животных. В работе [7] приводятся данные, что возраст выбытия для коров разных пород молочного направления продуктивности в условиях Российской Федерации колеблется от 2,66 отела среди животных голштинского и черно-пестрого скота до 9 и 7,18 отела для животных якутского и кавказского бурого скота соответственно.

В. И. Чинаров провел инвентаризацию породных ресурсов молочного скотоводства России в период 2021–2022 гг. Он установил, что в результате бесконтрольной голштинизации в последние 10 лет российские популяции крупного рогатого скота фактически превратились в стада голштинской породы путем поглотительного скрещивания, в результате чего отечественный генофонд постепенно утратил свои конкурентные преимущества. На примере Центрального и Южного федеральных округов, которые довели долю голштинского скота до 70,8 и 67,4 % соответственно, ученый показывает, что молочный скот практически полностью утратил способность к самовоспроизводству. В этой связи он считает, что для удержания высоких позиций молочного скотоводства России необходимо кардинально перестроить селекционно-племенную работу или продолжать наращивать объемы завоза скота [8].

По данным Н. С. Арановой, в условиях промышленной технологии и при большом физиологическом напряжении, связанном с высокой молочной продуктивностью, продолжительность хозяйственного использования у коров костромской породы значительно выше этого показателя в сравнении с другими породами. Так, этот показатель у коров голштинской породы в племенных хозяйствах Костромской области составляет 2,7, ярославской – 2,8, черно-пестрой – 2,9, холмогорской – 3,3, а костромской – 3,5 лактации [9].

Исследователи в области генетики сельскохозяйственных животных отмечают, что в результате длительного искусственного отбора высокопродуктивных животных произошло накопление груза вредных рецессивных LoF-мутаций, оказывающих отрицательное влияние на осеменение и ассоциированных с эмбриональной и ранней постэмбриональной смертностью на различных стадиях развития. В этой связи как отечественные, так и зарубежные генетики придают важное значение ДНК-диагностике молочного скота на выявление генетически детерминированных заболеваний [10, 11].

Цель исследований – изучить породные особенности и генетические маркеры, определяющие сохранность молочного скота.

Материалы и методы. Объектом были коровы голштинской породы молочного скота отечественной селекции и чистопородного красного молочного скота, разводимые в базовом сельскохозяйственном предприятии ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» (Минская область). Условия выращивания и ветеринарного ухода за изучаемым поголовьем соответствовали действующим в Республике Беларусь регламентам производства молока и говядины. Средняя молочная продуктивность коров различных генотипов за 305 дней последней законченной лактации находится на уровне 8 000 кг молока.

На первом этапе исследований (2019–2020 гг.) в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» было завезено 300 нетелей красной молочной породы из Дании. Это позволило начать работы по формированию племенного ядра создаваемой красной молочной породы в Беларуси. В период с 18 мая 2020 г. по 1 декабря 2020 г. в основное стадо введена 291 корова-первотелка красного молочного скота и 348 гол. сверстниц голштинской породы.

На втором этапе исследований изучены основные хозяйственно полезные признаки опытных животных, включая сохранность коров в основном стаде. Период исследований по изучению сохранности коров красного молочного скота и голштинской породы протекал с 18 мая 2020 г. по 1 мая 2025 г.

Генетическая структура животных разных половозрастных групп голштинской породы молочного скота отечественной селекции по генам, ассоциированным с наследственными заболеваниями, изучена на основании анализа базы данных генотипирования сельскохозяйственных животных лаборатории молекулярной биотехнологии и ДНК-тестирования РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» за период 2023–2024 гг. Всего проведено генотипирование 767 гол. крупного рогатого скота голштинской породы по 13 генам, ассоциированным с наследственными заболеваниями: BC – цитруллинемия, BLAD – дефицит лейкоцитарной адгезии, BY – синдром брахиспина, CVM – комплексный порок позвоночника, DUMPS – дефицит уридинмонофосфатсинтазы, FXID – дефицит фактора свертываемости крови XI, MF – синдактилия, HH1, HH3, HH4, HH5, HH6, HCD – гаплотипы фертильности.

Анализ основных хозяйственно полезных признаков животных разных генотипов был проведен на основании материалов республиканской электронной базы данных по племенному делу «Племдело-КРС», разработанной УП «ГИВЦ Минсельхозпрода».

Обработка материалов осуществлялась в статистической среде R [12].

Результаты и их обсуждение. За весь период использования, с 18 мая 2020 г. по 1 мая 2025 г., выбыло 318 гол. голштинской породы (91,2 %) и 166 гол. красного молочного скота (57,1 %). В разрезе лактаций процент выбывших коров голштинской породы из стада изменялся от 2,6 % по V лактации до 28,7 % по II лактации. Процент выбывших коров красного молочного скота из стада изменялся от 5,5 % по V лактации до 17,9 % по III и IV лактациям.

По состоянию на 1 мая 2025 г. в стаде продолжено производственное использование 30 коров голштинской породы (8,7 %) и 125 коров красного молочного скота (42,9 %). Таким образом, показатель сохранности коров красного молочного скота в условиях ГП «Жодино-АгроПлемЭлита» в течение 5 наблюдаемых лет выше в 4,93 раза по сравнению со сверстницами голштинской породы.

В табл. 1 представлены данные о средней продолжительности жизни в стаде коров изучаемых пород.

Таблица 1. Средние показатели продуктивных дней и продолжительности жизни в лактациях коров изучаемых пород

Table 1. Average indicators of productive days and life expectancy in lactations of cows of the studied breeds

Порода	Продуктивные дни	Продолжительность жизни в лактациях
	$M \pm m$	$M \pm m$
Голштинская ($n = 348$)	757 ± 23	$2,63 \pm 0,067$
Красный молочный скот ($n = 291$)	$1176 \pm 22^*$	$3,74 \pm 0,070^*$

* $p < 0,0001$.

Устаноўлена, што сярэдняя працягласць жыцця ў лактацыях кароў чырвонага малачнага скота ў умовах ГП «ЖодіноАгроПлемЭліта» складала 3,74 лактацыі і голштынскай пароды – 2,63 лактацыі. Такім образом, каровы чырвонага малачнага скота дастойна на 1,1 лактацыі ($p < 0,0001$) прывосходзілі сверстніц голштынскай пароды па сярэдняй працягласці жыцця ў лактацыях. Сярэдні паказатэль прадуктывных днёў кароў чырвонага малачнага скота склаў 1 176, што вышэ на 419 днёў ($p < 0,0001$) ў сярэненні со сверстніцамі голштынскай пароды.

С точки зрения селекционно-племенной работы наибольший интерес представляют коровы двух пород, достигшие V лактации. Пожизненная молочная продуктивность данной группы животных представлена в табл. 2.

Устаноўлена, што ад 74 кароў чырвонага малачнага скота ў тэчэнне пяці лактацый атрымана 36 403 кг малака с садржаннем жара 4,76 % і белка 3,79 %. За гэты ж перыяд ад 21 голштынскай сверстніцы атрымана 37 812 кг малака с садржаннем жара 3,88 % і белка 3,44 %. Устаноўлена статыстычна дастойнае прывосходства кароў чырвонага малачнага скота над сверстніцамі голштынскай пароды па садржанню жара (+0,88 %) і белка (+0,35 %) ў малаке і прывадстве малака ў пераводзе на базісную жирнасць (+7 267 кг).

Важнейшим направлением повышения сохранности молочного скота является внедрение маркер-сопутствующей селекции по локусам генов, ассоциированных с показателями молочной продуктивности и продолжительностью хозяйственного использования, направленной на отбор животных-носителей желательных аллелей, позволяющих формировать стада коров с высоким удоём, выходом молочного жира и белка.

Таблица 2. Средние показатели пожизненной молочной продуктивности коров двух пород, достигших V лактации

Table 2. Average lifetime milk productivity of cows of two breeds that have reached the fifth lactation

Порода	Пожизненная молочная продуктивность			Пожизненный удой в переводе на базисную жирность, кг M ± m
	удой, кг M ± m	% жира M ± m	%, белка M ± m	
Голштинская (n = 21)	37 812 ± 573	3,88 ± 0,04	3,44 ± 0,03	40 740 ± 875
Красный молочный скот (n = 74)	36 403 ± 431	4,76 ± 0,04*	3,79 ± 0,02*	48 007 ± 614*

* $p < 0,0001$.

В настоящее время основной породой крупного рогатого скота молочного направления продуктивности в Республике Беларусь является голштинская. В этой связи изучена частота встречаемости скрытых носителей мутантных аллелей среди быков-производителей (101 гол.), быко-производящих коров (268 гол.) и ремонтных бычков (399 гол.) голштинской породы молочного скота отечественной селекции, разводимой на различных сельскохозяйственных предприятиях республики.

Идентифицированы мутантные аллели генов, ассоциированных с такими наследственными заболеваниями, как брахиспина, комплексный порок позвоночника, а также гаплотипы фертильности HH1, HH3, HH5, HH6, HCD с показателями концентрации 0,001; 0,003; 0,013; 0,006; 0,017; 0,001; 0,006 соответственно. Аллели, связанные с цитруллинемией, дефицитом лейкоцитарной адгезии, дефицитом уридинмонофосфатсинтазы, дефицитом фактора свертываемости крови XI, синдактилией, гаплотипом фертильности HH4, в исследуемой выборке животных не выявлены (табл. 3).

Частота встречаемости скрытых носителей BY, CVM, HH, HH3, HH5, HH6, HCD в исследуемой популяции скота составила 0,13; 0,65; 2,61; 1,17; 3,39; 0,26; 1,17 % соответственно. Среди быков-производителей идентифицировано 4 животных – носителя HH1, 2 – HH3, 1 – HCD, 1 особь являлась носителем двух гаплотипов – HH1 и HH3. В выборке коров выявлена 1 гол. – носитель CVM, 5 гол. – HH1, 2 гол. – HH3, 15 гол. – HH5, 2 гол. – HCD, 1 гол. – носитель CVM и HH5. Среди бычков диагностировано носительство BY – у 1 гол., CVM – у 3 гол., гаплотипов: HH1 – у 10 гол., HH3 – у 2 гол., HH5 – у 8 гол., HH6 – у 2 гол., HCD – у 6 гол.

Таблица 3. Результаты генотипирования крупного рогатого скота голштинской породы по генам, ассоциированным с наследственными заболеваниями

Table 3. Results of genotyping of Holstein cattle according to genes associated with hereditary diseases

Наследственное заболевание	Частота встречаемости гетерозиготного генотипа, %				Частота встречаемости мутантного аллеля			
	Всего	Быки	Коровы	Бычки	Всего	Быки	Коровы	Бычки
BC	0	0	0	0	0	0	0	0
BLAD	0	0	0	0	0	0	0	0
BY	0,13	0	0	0,25	0,001	0	0	0,001
CVM	0,65	0	0,75	0,75	0,003	0	0,004	0,004
DUMPS	0	0	0	0	0	0	0	0
FXID	0	0	0	0	0	0	0	0
MF	0	0	0	0	0	0	0	0
HH1	2,61	4,95	1,87	2,51	0,013	0,025	0,009	0,013
HH3	1,17	2,97	0,75	0,50	0,006	0,015	0,004	0,003
HH4	0	0	0	0	0	0	0	0
HH5	3,39	1,98	5,97	2,01	0,017	0,010	0,030	0,010
HH6	0,26	0	0	0,50	0,001	0	0	0,003
HCD	1,17	0,99	0,75	1,50	0,006	0,005	0,004	0,008

В поголовье бычков выявлено наибольшее количество мутаций, ассоциированных с наследственными заболеваниями (7 мутаций) в сравнении с быками-производителями (4 мутации) и быкопроизводящими коровами (5 мутаций). Наиболее высокий уровень встречаемости носителей гаплотипов HH1 и HH3 установлен для выборки бычков-производителей (4,95 и 2,97 % соответственно), гаплотипа HH5 – для выборки коров (5,97 %), гаплотипа HCD – для выборки бычков (1,50 %). Гетерозиготные особи по генам, ассоциированным с BY и HH6, идентифицированы только среди бычков с частотой 0,25 и 0,50 % соответственно.

Полученные нами данные согласуются с результатами исследований американских ученых, согласно которым среди голштинского скота в США в 2022 г. с наименьшей частотой встречались носители: BLAD – 0,1 %, DUMPS – меньше 0,1%, MF – меньше 0,1 %, HH4 – 0,2 %, наибольшая частота была характерна для гаплотипа HH5 – 6,0 % [13].

Таким образом, проведенные исследования выявили ряд мутаций, обуславливающих развитие наследственных заболеваний, в различных половозрастных группах скота голштинской породы, что указывает на необходимость систематического генетического мониторинга с целью контроля распространения летальных аномалий в популяции животных. Систематический генетический мониторинг летальных аномалий позволит существенным образом повысить эмбриональную и раннюю постэмбриональную сохранность животных голштинской породы молочной скота отечественной селекции.

Заключение. Установлено, что в условиях ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» при среднем годовом удое 8 000 кг молока сохранность коров красного молочного скота в течение пяти лактаций превышает аналогичный показатель сверстниц голштинской породы в 4,93 раза, при увеличении показателя среднего пожизненного удоя в переводе на базисную жирность на 7 267 кг молока.

Выявлен ряд мутаций, обуславливающих развитие наследственных заболеваний, в различных половозрастных группах скота голштинской породы, что указывает на необходимость систематического генетического мониторинга с целью контроля распространения летальных аномалий в популяции животных. Систематический генетический мониторинг летальных аномалий позволит существенным образом повысить эмбриональную и раннюю постэмбриональную сохранность животных голштинской породы молочной скота отечественной селекции.

Список использованных источников

1. Рекомендации по повышению эффективности и конкурентоспособности производства молока на основе совершенствования специализации, концентрации и учета региональных особенностей / А. В. Горбатовский, Г. В. Сидунов, О. Н. Горбатовская [и др.] // Научные принципы регулирования развития АПК: предложения и механизмы реализации, 2014 / Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси; редкол.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск, 2014. – С. 109–117.

2. Кононович, С. Будьте хозяевами своей земле! / С. Кононович, П. Копого // Сельская газета. – 2025. – 1 июня. – С. 2–4.
3. Production, fertility, survival, and body measurements of Monbeliarde-sired crossbreds compared with pure Holsteins during their first 5 lactations / A. R. Hazel, B. J. Heins, A. J. Seykora, L. B. Hansen // *Journal of Dairy Science*. – 2014. – Vol. 97, № 4. – P. 2512–2525. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7063>
4. Чинаров, В. И. Экономические подходы к обеспечению конкурентоспособности молочного скотоводства / В. И. Чинаров, Н. И. Стрекозов, О. В. Баутина // *Достижения науки и техники АПК*. – 2012. – № 8. – С. 9–10.
5. Чинаров, В. И. Экономические методы повышения конкурентоспособности отечественных производителей молока / В. И. Чинаров, Н. И. Стрекозов, О. В. Кучерявая // *Научные основы ведения животноводства: сб. науч. тр. / ГНУ ВИЖ Россельхозакадемии. – Дубровицы, 2009. – С. 204–209.*
6. Суровцев, В. Н. Экономические аспекты продуктивного долголетия молочных коров / В. Н. Суровцев, Ю. Н. Никулина // *Молочное и мясное скотоводство*. – 2014. – № 8. – С. 2–5.
7. Сохранение генетического разнообразия крупного рогатого скота – основа успешного развития животноводства / Х. А. Амерханов, Г. С. Шеховцев, Е. М. Колдаева, И. П. Прохоров // *Молочное и мясное скотоводство*. – 2023. – № 1. – С. 3–6. <https://doi.org/10.33943/MMS.2023.61.29.001>
8. Чинаров, В. И. Пространственное развитие и преобразование генофонда молочного скота России / В. И. Чинаров // *Молочное и мясное скотоводство*. – 2024. – № 4. – С. 7–12. <https://doi.org/10.33943/MMS.2024.63.86.002>
9. Определение оптимальных параметров кровности по бурой швицкой породе при совершенствовании скота костромской породы / Н. С. Баранова, Н. С. Фурасова, Е. А. Зверева [и др.] // *Молочное и мясное скотоводство*. – 2024. – № 4. – С. 13–18. <https://doi.org/10.33943/MMS.2024.51.19.003>
10. Выявление гаплотипов фертильности в белорусской популяции крупного рогатого скота голштинской породы / Е. Л. Романишко, М. Е. Михайлова, А. И. Киреева, Р. И. Шейко // *Молекулярная и прикладная генетика: сб. науч. тр. / Ин-т генетики и цитологии НАН Беларуси. – Минск, 2021. – Т. 31. – С. 7–21. <https://doi.org/10.47612/1999-9127-2021-31-7-21>*
11. Oltenacu, P. A. The impact of genetic selection for increased milk yield on the welfare of dairy cows / P. A. Oltenacu, D. M. Broom // *Animal Welfare*. – 2010. – Vol. 19, iss. S1. – P. 39–49. <https://doi.org/10.1017/S0962728600002220>
12. Кабаков, Р. И. R в действии. Анализ и визуализация данных в программе R / Р. И. Кабаков; пер. с англ. П. Волковой. – М.: ДМК Пресс, 2014. – 588 с.
13. Invited review: management of genetic defects in dairy cattle populations / J. B. Cole, C. F. Baes, S. A. E. Eaglen [et al.] // *Journal of Dairy Science*. – 2025. – Vol. 108, № 4. – P. 3045–3067. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-26035>

References

1. Gorbatsvskii A. V., Sidunov G. V., Gorbatsvskaya O. N., Shvaratskii V. V., Klimova M. L. Recommendations on increasing the efficiency and competitiveness of milk production on the basis of improved specialisation, concentration and consideration of regional peculiarities. *Nauchnye printsiipy regulirovaniya razvitiya APK: predlozheniya i mekhanizmy realizatsii, 2014* [Scientific principles of regulation of agro-industrial complex development: proposals and implementation mechanisms, 2014]. Minsk, 2014, pp. 109–117 (in Russian).
2. Kononovich S., Kopoga P. Be the masters of your land! *Sel'skaya gazeta* [Rural newspaper], 2025, June 1, pp. 2–4 (in Russian).
3. Hazel A. R., Heins B. J., Seykora A. J., Hansen L. B. Production, fertility, survival, and body measurements of Monbeliarde-sired crossbreds compared with pure Holsteins during their first 5 lactations. *Journal of Dairy Science*, 2014, vol. 97, no. 4, pp. 2512–2525. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7063>
4. Chinarov V. I., Strekozov N. I., Bautina O. B. Economic security approaches competitiveness of dairy cattle. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*, 2012, no. 8, pp. 9–10 (in Russian).
5. Chinarov V. I., Strekozov N. I., Kucheryavaya O. V. Economic methods of increasing the competitiveness of domestic milk producers. *Nauchnye osnovy vedeniya zhivotnovodstva: sbornik nauchnykh trudov* [Scientific foundations of animal husbandry management: collection of scientific papers]. Dubrovitsy, 2009, pp. 204–209 (in Russian).
6. Surovtsev V. N., Nikulina Y. N. Economic aspects of productive longevity dairy cows. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Dairy and Beef Cattle Farming*, 2014, no. 8, pp. 2–5 (in Russian).
7. Amerkhanov Kh. A., Shekhovtsev G. S., Koldaeva E. M., Prokhorov I. P. Preservation of the genetic diversity of cattle is the basis for the successful development of animal husbandry. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Dairy and Beef Cattle Farming*, 2023, no. 1, pp. 3–6 (in Russian). <https://doi.org/10.33943/MMS.2023.61.29.001>
8. Chinarov V. I. Territorial development and transformation of the gene pool in Russian dairy cattle breeding. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Dairy and Beef Cattle Farming*, 2024, no. 4, pp. 7–12 (in Russian). <https://doi.org/10.33943/MMS.2024.63.86.002>
9. Baranova N. S., Furaeva N. S., Zvereva E. A., Korolev A. A., Vorobeva S. S. Determination of optimal blood parameters for the Brown Swiss breed when improving Kostroma breed cattle. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Dairy and Beef Cattle Farming*, 2024, no. 4, pp. 13–18 (in Russian). <https://doi.org/10.33943/MMS.2024.51.19.003>
10. Ramanishka E. L., Mikhailova M. E., Kireyeva A. I., Sheyko R. I. Identification of fertility haplotypes in the Belarusian population of Holstein cattle. *Molekulyarnaya i prikladnaya genetika: sbornik nauchnykh trudov* [Molecular and applied genetic: collection of scientific papers]. Minsk, 2021, vol. 31, pp. 7–21 (in Russian). <https://doi.org/10.47612/1999-9127-2021-31-7-21>

11. Oltenacu P. A., Broom D. M. The impact of genetic selection for increased milk yield on the welfare of dairy cows. *Animal Welfare*, 2010, vol. 1, iss. S1, pp. 39–49. <https://doi.org/10.1017/S0962728600002220>
12. Kabacoff R. I. *R in action. Data analysis and graphics with R*. Shelter, Manning Publications Co., 2011. 450 p.
13. Cole J. B., Baes C. F., Eaglen S. A. E., Lawlor T. J., Maltecca C., Ortega M. S., VanRaden P. M. Invited review: management of genetic defects in dairy cattle populations. *Journal of Dairy Science*, 2014, vol. 108, no. 4, pp. 3045–3067. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-26035>

Информация об авторах

Портной Александр Иванович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, генеральный директор, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству (ул. Фрунзе, 11, 222163, Жодино, Республика Беларусь). <https://orcid.org/0000-0003-4707-785X>. E-mail: gendir@belniig.by

Шейко Иван Павлович – академик Национальной академии наук Беларуси, профессор, доктор сельскохозяйственных наук, первый заместитель генерального директора по научной работе, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству (ул. Фрунзе, 11, 222163, Жодино, Республика Беларусь). <https://orcid.org/0000-0002-4684-9830>. E-mail: info@belniig.by

Тимошенко Владимир Николаевич – член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, первый заместитель генерального директора по научной работе и инновационной деятельности, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству (ул. Фрунзе, 11, 222163, Жодино, Республика Беларусь). <https://orcid.org/0000-0001-5806-1242>. E-mail: info@belniig.by

Журина Наталья Владимировна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий лабораторией, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству (ул. Фрунзе, 11, 222163, Жодино, Республика Беларусь). E-mail: molgenetics@mail.ru

Ганджа Алла Ивановна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству (ул. Фрунзе, 11, 222163, Жодино, Республика Беларусь). E-mail: gandja_alla@tut.by

Песоцкий Николай Иванович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий лабораторией, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству (ул. Фрунзе, 11, 222163, Жодино, Республика Беларусь). <https://orcid.org/0000-0002-1437-3540>. E-mail: krsby@mail.ru

Песоцкий Евгений Николаевич – аспирант, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству (ул. Фрунзе, 11, 222163, Жодино, Республика Беларусь). E-mail: krsby@mail.ru

Information about the authors

Aliaksandr I. Partny – Ph. D. (Agriculture), Associate Professor, Director General, Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Breeding (11, Frunze St., 222163, Zhodino, Republic of Belarus). <https://orcid.org/0000-0003-4707-785X>. E-mail: gendir@belniig.by

Ivan P. Sheiko – Academy Member of the National Academy of Sciences of Belarus, Professor, Dr. Sc. (Agriculture), First Deputy Director General for Research, Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Breeding (11, Frunze St., 222163, Zhodino, Republic of Belarus). <https://orcid.org/0000-0002-4684-9830>. E-mail: info@belniig.by

Vladimir N. Timoshenko – Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, Dr. Sc. (Agriculture), Professor, First Deputy Director General for Research and Innovation, Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Breeding (11, Frunze St., 222163, Zhodino, Republic of Belarus). <https://orcid.org/0000-0001-5806-1242>. E-mail: info@belniig.by

Natalia V. Zhurina – Ph. D. (Agriculture), Associate Professor, Head of the Laboratory, Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Breeding (11, Frunze St., 222163, Zhodino, Republic of Belarus). E-mail: molgenetics@mail.ru

Alla I. Gandzha – Ph. D. (Agriculture), Associate Professor, Leading Researcher, Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Breeding (11, Frunze St., 222163, Zhodino, Republic of Belarus). E-mail: gandja_alla@tut.by

Nikolai I. Pyasotski – Ph. D. (Agriculture), Associate Professor, Head of the Laboratory, Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Breeding (11, Frunze St., 222163, Zhodino, Republic of Belarus). <https://orcid.org/0000-0002-1437-3540>. E-mail: krsby@mail.ru

Yaugeny N. Pyasotski – Graduate Student, Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Breeding (11, Frunze St., 222163, Zhodino, Republic of Belarus). E-mail: krsby@mail.ru

ISSN 1817-7204 (Print)

ISSN 1817-7239 (Online)

МЕХАНИЗАЦИЯ И ЭНЕРГЕТИКА*MECHANIZATION AND POWER ENGINEERING*

УДК 637.116-52

<https://doi.org/10.29235/1817-7204-2025-63-4-333-342>

Поступила в редакцию 21.04.2025

Received 21.04.2025

Е. Л. Жилич¹, В. О. Китиков², Ю. Н. Рогальская¹*¹Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства, Минск, Республика Беларусь**²Институт жилищно-коммунального хозяйства Национальной академии наук Беларуси,
Минск, Республика Беларусь***ФОРМИРОВАНИЕ БАЗОВЫХ УСЛОВИЙ
ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
РОБОТИЗИРОВАННЫХ СРЕДСТВ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ
ДОЕНИЯ КОРОВ**

Аннотация. Промышленная технология производства молока – это технология, которая обеспечивает производство высококачественной продукции с минимальной при этом себестоимостью, то есть используя в процессе производства как можно меньше трудовых и технических средств. Современное молочное животноводство считается промышленным, если применяется технология производства молока с затратами труда, составляющими не больше 2,5 чел/ч на каждый центнер продукции. Достигается за счет автоматизации (например, роботизированные доильные аппараты, автоматические кормораздатчики) и оптимизации труда, что снижает затраты на единицу продукции. Среди популярных систем автоматического доения – Lely Astronaut, AMR DeLaval, GEA DairyRobot R9500, BouMatic Robotics и Fullwood M²erlin. Эти установки оснащены роботизированными манипуляторами, сенсорами, камерами и алгоритмами контроля качества молока и состояния коров. Промышленная технология доения коров гарантирует соблюдение стандартов безопасности и питательной ценности молока (например, по нормам ГОСТ или международным стандартам, таким как ISO 22000), минимизируя риски загрязнения и отклонений. Широко используется на крупных фермах (например, в США, ЕС или России), где комбинируются генетика скота, автоматизированные системы и точное кормление. Согласно отчетам USDA такие технологии повышают продуктивность коров до 8–10 тыс. л молока в год при снижении затрат. Данная технология сокращает риски для здоровья животных и окружающей среды, обеспечивает стабильный доход. Промышленные методы доения коров на 20–30 % эффективнее традиционных ферм по себестоимости. Эта технология эволюционировала с XX в. благодаря механизации и цифровым инновациям, позволяя масштабировать производство для глобального рынка.

Ключевые слова: промышленная технология, роботизированное доение, система позиционирования, вымя, дойное стадо, 3D-камера, доильная установка, программно-аппаратный комплекс, манипулятор, критерий роста, критерий остановки

Для цитирования: Жилич, Е. Л. Формирование базовых условий для разработки и эффективного использования роботизированных средств в промышленных технологиях доения коров / Е. Л. Жилич, В. О. Китиков, Ю. Н. Рогальская // Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2025. – Т. 63, № 4. – С. 333–342. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2025-63-4-333-342>

Evgeny L. Zhilich¹, Vadim O. Kitikov², Yulia N. Rogalskaya¹*¹Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agricultural Mechanization,
Minsk, Republic of Belarus**²Institute of Housing and Communal Services of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Republic of Belarus***FORMATION OF BASIC CONDITIONS FOR THE DEVELOPMENT AND EFFECTIVE USE
OF ROBOTIZED MEANS IN INDUSTRIAL TECHNOLOGY OF COW MILKING**

Abstract. Industrial milk production technology is a technology that ensures the production of high-quality products at a minimum cost, that is, using as little labor and technical means as possible in the production process. Modern dairy farming is considered industrial if milk production technology is used with labor costs of no more than 2.5 people/hour per centner of

product. This is achieved through automation (e.g., robotic milking machines, automatic feed dispensers) and labor optimization, which reduces costs per unit of production. Popular automatic milking systems include Lely Astronaut, AMR DeLaval, GEA DairyRobot R9500, BouMatic Robotics and Fullwood M²erlin. These units are equipped with robotic manipulators, sensors, cameras and algorithms for monitoring milk quality and cow condition. Industrial cow milking technology ensures compliance with milk safety and nutritional value standards (e.g., GOST standards or international standards such as ISO 22000), minimizing the risks of contamination and deviations. Widely used at large farms (e.g., in the US, EU or Russia) where livestock genetics, automated systems and precision feeding are combined. According to USDA reports, such technologies increase cow productivity to 8–10 thousand liters of milk per year while reducing costs. This technology reduces risks to animal health and the environment, and provides a stable income. Industrial methods of cow milking are 20–30 % more efficient than traditional farms in terms of cost price. This technology has evolved since the 20th century due to mechanization and digital innovation, allowing production to be scaled up for the global market.

Keywords: industrial technology, robotic milking, positioning system, udder, milking herd, 3D camera, milking unit, hardware and software system, manipulator, growth criterion, stopping criterion

For citation: Zhilich E. L., Kitikov V. O., Rogalskaya Yu. N. Formation of basic conditions for the development and effective use of robotized means in industrial technology of cow milking. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk* = *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2025, vol. 63, no. 4, pp. 333–342 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2025-63-4-333-342>

Введение. Благодаря эффективной экономической политике, принятой руководством страны в отношении модернизации аграрной отрасли, в первой четверти XXI в. производство молока в Республике Беларусь динамично развивается и к настоящему времени достигло впечатляющих результатов: 4-е место в мире по удельному производству молока на душу населения, или более 850 кг/чел/год [1–4]. Это послужило основой для развития молочной перерабатывающей промышленности и выхода на передовые позиции на мировом рынке, где у нас также 4-е место по экспорту молока и молочных продуктов, что в ценовом исчислении превышает 2 млрд долл/год [5].

Вместе с тем, с учетом жесткой конкуренции на мировых рынках, актуальным остается вопрос повышения рентабельности и конкурентоспособности промышленного производства молока. Несмотря на высокие количественные показатели, отечественная молочная отрасль пока еще характеризуется относительно высоким уровнем удельных затрат, то есть производственных затрат на 1 т молока нормативного качества [6].

Наряду с правильным кормлением, условиями содержания животных в коровнике и зооветеринарной профилактикой, процесс машинного доения играет ключевую роль в повышении молочной продуктивности, так как если этот процесс и доильное оборудование неэффективны, то генетический потенциал, кормление и условия преддоильного содержания коров не имеют решающего значения [7, 8].

Анализ мировых технологий промышленного производства молока и лучших отечественных практик позволил определить тенденции и сформулировать главные направления развития производства отечественного доильного оборудования – обеспечение качества процесса доения и физиологичности, то есть учета биологических особенностей процессов молокообразования и молоковыведения у лактирующих коров [9–11].

В настоящее время в стране накоплен значительный опыт применения автоматизированного доильного оборудования, сформированы научные заделы, освоено производство элементной базы и выпуск полнокомплектных доильных залов [12–14].

Следует отметить, что повышение уровня автоматизации доильного оборудования, позволяющее обеспечить полное замещение трудозатрат и учет индивидуальных особенностей каждого животного при выборе режимов доения, связано с применением автоматических линий доения и роботов.

Это позволит не только повысить качество процесса доения, но и увеличить его производительность, что в целом обеспечит снижение затрат, повышение рентабельности и конкурентоспособности молочного сырья.

Цель работы – научный анализ мировых тенденций и лучших отечественных практик для создания отечественного роботизированного оборудования для промышленного производства молока.

Материалы и методы исследований. Управление системой позиционирования осуществляется с помощью разработанного программного обеспечения с учетом выбранного метода. Алгоритм использует в качестве входных данных трехмерный набор данных с 3D-камеры, а также информацию о положении и ориентации камеры, полученную от роботизированного манипулятора,

на котором установлена камера. Обработка изображения происходит при помощи программного обеспечения системы компьютерного зрения, представленной 3D-камерой O3D314.

Результаты и их обсуждение. Начиная с 1999 года в странах Евросоюза с наиболее развитым молочным животноводством (Нидерланды, Германия, Швеция, Дания, Великобритания) стали широко использоваться специальные доильные роботы [15–17]. Основные особенности доильных роботов как отдельного направления в общей классификации способов содержания и доения коров, отличающие их от существующих систем автоматизированного доения, связаны с возможностью добровольного выбора животным времени доения, а также автоматизированным надеванием доильных стаканов на соски и индивидуальным режимом доения каждой четверти вымени.

По результатам анализа информации открытых источников, в основном производителей оборудования, технико-технологические характеристики роботов представлены в таблице.

Основные технические характеристики роботов
Main technical specifications of robots

Наименование показателя	Бокс-площадка			Дубль-бокс	Полибокс	
	VMS («Де Лаваль», Швеция)	M ² erlin (Fullwood, Англия)	Astronaut (Lely, Нидерланды)	Galaxy (SAC, Дания)	AMS Liberty (Prolion, Нидерланды)	Leonardo («Вестфалия», Германия)
Число обслуживаемых животных	60	60	60–70	80–90	3 бокса – 120 4 бокса – 150	3 бокса – 130 4 бокса – 170
Способ предварительного позиционирования	Передвижной кормушкой	Без ограничения движения животных	Ограничителем в задней части бокса	Передвижной кормушкой		
Позиционирование манипулятора	Лазер, видеокамера	Лазер	Лазер	Лазер, оптическая система, ультразвук	Ультразвук, оптическая система	
Сдаивание первых струек молока	Одновременно с мойкой сосков вымени	Каждый сосок вымени отдельно			Одновременно с мойкой сосков вымени	Каждый сосок отдельно
Надевание доильных стаканов на соски вымени коровы	На каждый сосок отдельно					
Снятие доильных стаканов	Последовательно с каждого соска без руки робота				Все доильные стаканы одновременно без руки робота	Последовательно с каждого соска без руки робота
Основная циркуляционная мойка оборудования	В течение 12–30 мин 3 раза в сутки с моечным или дезраствором				По необходимости (30 мин) не менее 2 раз в сутки	
Контролируемые компьютером параметры	Частота посещений бокса, надой, электропроводимость молока, количество комбикорма, интервалы между доениями, регистрация активности животных					

Выделяются два варианта технологической адаптации роботизированных систем:

1. Однобоксовые (с двумя или несколькими боксами) отдельные доильные роботы (рис. 1), применение которых вполне отвечает принципу «добровольного доения» и не ставит целью создание высокопроизводительных поточных линий доения. Коровы содержатся без привязи и имеют свободный доступ к корму и доению. При этом, как показывает практика, количество добровольных подходов животного для доения к роботу может превышать 10, но, как правило, колеблется в пределах 5–8 раз [16].

2. Роботизированные поточные линии, ярким примером которых является робот-карусель (рис. 2). Это доильный зал с наибольшей производительностью из всех известных конструкций, при одном главном условии – точный подбор групп животных по продуктивности [17]. Количество доек в сутки определяется технологами и, как правило, не превышает трех.

В настоящее время в Республике Беларусь на промышленных молочно-товарных фермах и комплексах применяются доильные роботы, как правило однобоксовые, сблокированные в одной или нескольких зонах коровника с беспривязным содержанием [18–20].



Рис. 1. Роботизированная доильная установка «Дубль-бокс»

Fig. 1. “Double-box” robotic milking unit

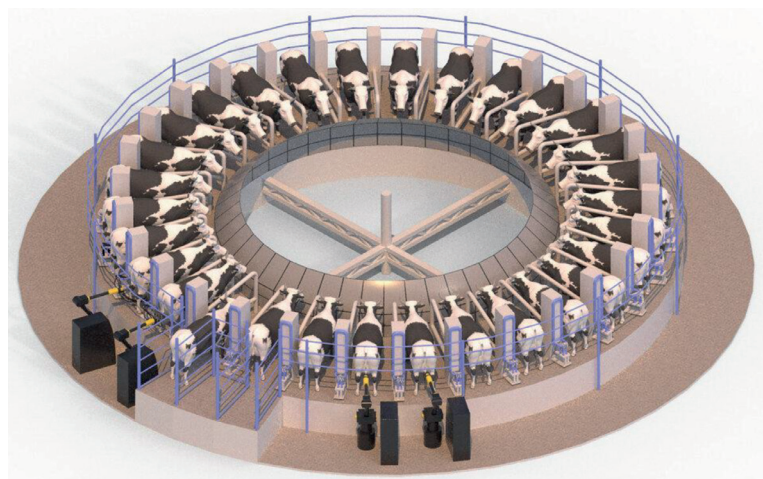


Рис. 2. Роботизированная доильная установка «Карусель»

Fig. 2. “Carousel” robotic milking unit

К хозяйствам, в которых применяются доильные роботы, можно отнести: СПК «Соколовщина», УПП «Ужица-Агро», СХП «Мазоловогаз», УП «Короли» филиала «Весна-энерго», филиал «Тепличный» РУП «Витебскэнерго», филиал «Весна-энерго», ОАО «Хотилы-Агро» – в Витебской области; ОАО «Косино», СХК «Великополье» КУП «Минсктранс» – в Минской области, ОАО «Моисеевка» – в Гомельская области; СПК «Коммунар Агро», ПКУП Совхоз «Сморгонский» – в Гродненской области; ОАО «Александрийское» – в Могилевской области. Роботы-карусели используются в РПУП «Устье» (Оршанский район, Витебская область) – GEA DairyProQ на 40 доильных мест – и в ОАО «Беловежский» (Каменецкий район, Брестская область) – AMR DeLaval, Швеция, на 40 доильных мест.

Комплексный научный анализ роботизированных доильных систем, включая опыт их эксплуатации в хозяйствах республики, с участием специалистов в области инженерии, зоотехнии и ветеринарии позволил приступить к формированию научно-практических заделов для создания отечественных образцов роботизированного доильного оборудования [1, 21, 22].

Анализ показал, что основой оборудования нового поколения должны стать созданные в предыдущие годы отечественные автоматизированные модули управления доением [23, 24] и серийно выпускаемые узлы и системы из отечественной элементной базы для механизированного доения.

Было принято решение разработать комплекс программно-аппаратный роботизированной системы доения, предназначенный для позиционирования доильного оборудования на вымени коровы при роботизированной технологии доения, являющийся унифицированной составляющей для обоих вариантов роботизированных систем доения – боксовой и поточной (см. рис. 1, 2).

Принятый алгоритм использует в качестве входных данных трехмерный набор данных с 3D-камеры, а также информацию о положении и ориентации камеры, полученную от роботизированного манипулятора, на котором установлена камера. В результате обработки входных данных алгоритм генерирует набор обнаруженных сосков, включая их положение, размер и ориентацию.

В разрабатываемом программно-аппаратном комплексе используется 3D-камера O3D314. Еще одним вариантом технического зрения является использование стереопары (вид стереоизображения, представленный парой плоских перспективных изображений объекта, сделанных с помощью камер, которые получили из двух разных точек, расположенных между собой на расстоянии, соответствующем межзрачковому расстоянию человека). Данное решение эффективно применяется в робототехнике при внедрении простых, но эффективных систем получения 3D-изображений, однако является более затратным [9, 19, 20].

3D-камера использует технологию визуализации дальности, которая включает триангуляцию и методы интерферометрии. В ней используется модулированный источник света для расчета глубины и измеряется время отраженного импульса, тем самым определяется расстояние до объекта. Простота вычисления расстояния позволяет реализовать первоначальную обработку данных непосредственно в камере и передавать их на промышленный контроллер [25].

С точки зрения обработки изображения установлено оптимальное расположение камеры: прямо под выменем коровы, камера направлена вверх, на сосок. Это обеспечивает обзор всего вымени и возможность измерения точек данных со всех сторон. Однако из-за особенностей расположения роботизированной руки и физиологии коровы расположение камеры обоснованно принимается позади коровы, с углом отклонения от вертикали α . Исследование рабочего параметра – компенсация угла α (нормализация угла обзора) – представлено на рис. 3 [26].

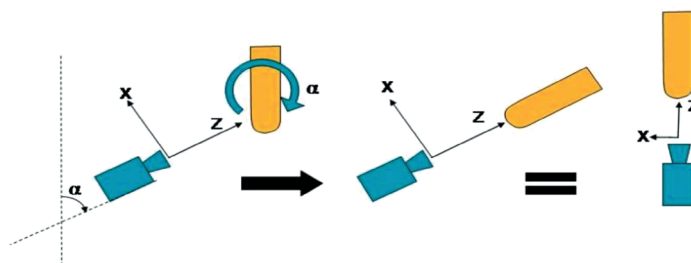


Рис. 3. Нормализация угла обзора

Fig. 3. Normalization of viewing angle

Поворот на α градусов вокруг оси x с последующим поворотом на β градусов вокруг оси y вычисляется с помощью матрицы вращения R :

$$R = \begin{bmatrix} \cos(\beta) & 0 & \sin(\beta) \\ \sin(\alpha)\sin(\beta) & \cos(\alpha) & -\sin(\alpha)\cos(\beta) \\ -\cos(\alpha)\sin(\beta) & \sin(\alpha) & \cos(\alpha)\cos(\beta) \end{bmatrix}. \quad (1)$$

С помощью XYZ-представления точек данных применяется вращение

$$XYZ_{\text{вращ}} = XYZ \cdot R. \quad (2)$$

Для получения исходного набора данных определяется обратное вращение путем интегрирования исходной матрицы

$$XYZ = XYZ_{\text{вращ}} \cdot R^{-1}. \quad (3)$$

На обнаружение сосков влияют помехи при видеонаблюдении (шумы). Для удаления шума из изображений используется низкочастотная фильтрация. Шум имеет гораздо более высокую частоту, чем основные характеристики изображения.

Для устранения размытости усредняющего фильтра используется алгоритм сглаживания каналов. В начале работы алгоритма каждый пиксель рассматривается с равной вероятностью как содержащий сосок или кончик соска. В первую очередь определяются точки интереса в наборе данных – места, которые с большой вероятностью могут быть кончиками сосков. Поиск точек интереса осуществляется путем поиска точек локального минимума в данных (рис. 4).

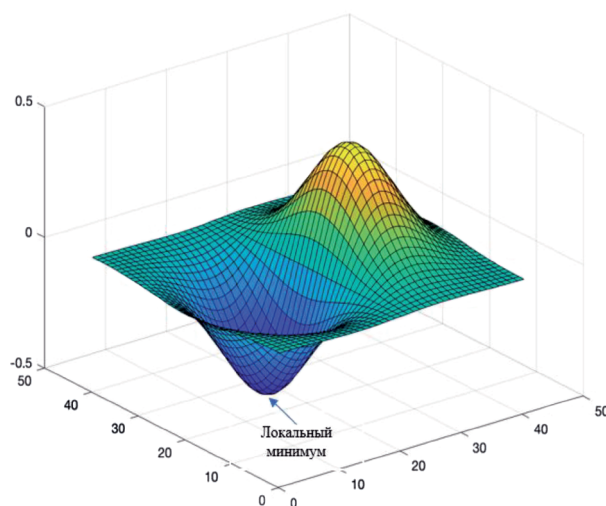


Рис. 4. Поиск локальных минимумов

Fig. 4. Search for local minima

На основе научного обоснования, теоретических и экспериментальных исследований, создан образец комплекса программно-аппаратного роботизированной системы доения КПРД, предназначенный для позиционирования доильного оборудования на вымени коровы при роботизированной технологии доения (рис. 5).



Рис. 5. Комплекс программно-аппаратный роботизированной системы доения КПРД

Fig. 5. Software and hardware complex for a robotic milking system SCRM

За прототип трехмерного манипулятора принято техническое решение фирмы GEA Farm Technologies Mlone, так как оно имеет возможность интеграции не только в боксовые системы доения, но и применимо в доильных залах типа «Карусель», обладает высокой степенью надежности конструкции.

Вследствие вариаций точности глубины и динамического диапазона измеренное расстояние для черных и белых объектов будет немного отличаться на одной и той же дистанции. После анализа изменений и выявления закономерностей в различиях была обнаружена потребность в компенсации данных отклонений программно. Для камеры выполняется черно-белая калибровка, она может быть скорректирована в зависимости от желаемого рабочего диапазона. Данные, полученные с 3D-камеры, при обработке модели вымени разработанным программным обеспечением представлены на рис. 6.



Рис. 6. Данные с 3D-камеры

Fig. 6. Data from 3D camera

При идеальных условиях точность камеры имеет погрешность до 3 мм. Эта точность будет снижаться по мере удаления от камеры и ухудшения условий освещения.

После попадания манипулятора в область захвата 3D-камера считывает данные и передает их на промышленный контроллер. Программное обеспечение для обработки изображений использует полученную информацию о форме вымени и сосков, определяет, что объект действительно является соском, направляет манипулятор к месту расположения соска.

Визуальная система настроена на работу на близком расстоянии, поэтому камера должна быть достаточно близко к вымени, когда начинается процесс обнаружения. Для того чтобы система знала, где предварительно расположить камеру, первоначально система должна быть вручную обучена для каждой коровы, которую она будет доить. Во время процесса обучения манипулятор управляется вручную с помощью джойстика, доильные стаканы подключаются по одному за раз, система обучается и записывает все данные в базу по каждому конкретному животному. Положения сосков сохраняются как предустановленные для последующего полностью автоматического доения [27, 28].

В целом к базовым условиям для разработки и эффективного использования роботизированных средств в промышленных технологиях доения коров можно отнести: адаптацию к биологическим особенностям животных (роботы должны учитывать индивидуальные анатомические и физиологические особенности каждой коровы, обеспечение комфортного и безболезненного процесса доения для снижения стресса у животных); высокую точность и надежность оборудования (точное позиционирование доильных аппаратов с использованием сенсоров и камер, надежность работы без сбоев и минимальное техническое обслуживание для предотвращения простоев); интеграцию с системой управления фермой (возможность сбора и анализа данных о продуктивности, состоянии здоровья и поведении коров, автоматическая регистрация объема и качества молока с последующей обработкой информации для принятия решений); гигиену и санитарию (автоматическая очистка и дезинфекция доильных компонентов для предотвращения инфекций, использование материалов, устойчивых к коррозии и легко моющихся); обеспечение безопасности (защита животных и персонала от травм при работе с роботами, наличие систем аварийного отключения и сигнализации); экономическую эффективность (снижение затрат на ручной труд и повышение производительности фермы, быстрая окупаемость инвестиций за счет повышения качества и количества молока); гибкость и масштабируемость (возможность адаптации робота под разные размеры и типы ферм, легкое обновление программного обеспечения и модернизация оборудования); обучение и техническая поддержка персонала (проведение обучения операторов по использованию и обслуживанию роботов, наличие сервисной поддержки и оперативного ремонта) и др. [29].

Закключение. По результатам проведенных исследований необходимо отметить, что функциональность существующих систем роботизированного доения выглядит несколько избыточной для отечественного рынка, что влечет за собой удорожание оборудования. Поэтому при разработке комплекса программно-аппаратного роботизированной системы доения необходимо принимать наиболее простые, универсальные решения, которые могут применяться в рамках любой конфигурации оборудования с высоким уровнем унификации (в том числе возможность использования отдельных узлов для модернизации существующих доильных установок разного типа), взаимозаменяемости, ремонтпригодности.

Список использованных источников

1. Технологические рекомендации по организации производства молока на новых и реконструированных молочно-товарных фермах / Н. А. Попков, В. Н. Тимошенко, А. Ф. Трофимов [и др.]; НАН Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по животноводству. – Жодино: Науч.-практ. центр НАН Беларуси по животноводству, 2018. – 137 с.
2. Керимов, М. А. Оптимизация технологии доения коров за счет совершенствования роботизированной установки преддоильной подготовки вымени / М. А. Керимов, Д. В. Барабанов, И. Я. Г. Нам // *АгроЗооТехника*. – 2023. – Т. 6, № 1. <https://doi.org/10.15838/alt.2023.6.1.6>.
3. Федченко: Беларусь вошла в пятерку мировых лидеров по производству молока на душу населения // *SB.BY*. Беларусь сегодня. – URL: <https://www.sb.by/articles/belarus-voshla-v-pyaterku-mirovykh-liderov-po-proizvodstvu-moloka-na-dushu-naseleniya-fedchenko.html/> (дата обращения: 01.09.2025).
4. Комментарий: качество решает. Как развивается молочная отрасль в Беларуси // *БЕЛТА*. – URL: <https://belta.by/economics/view/kommentarij-kachestvo-reshaet-kak-razvivaetsja-molochnaja-otrasl-v-belarusi-624630-2024> (дата обращения: 01.09.2025).
5. Беларусь: ключевые цифры молочного экспорта 2023 года // *Belarus International*. – URL: <https://belarus-expo.com/беларусь-ключевые-цифры-молочного-эк/> (дата обращения: 01.09.2025).
6. Китиков, В. О. Концепция создания физиологически щадящего процесса машинного доения коров / В. О. Китиков // *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2017. – № 1. – С. 126–131.
7. Технологические решения в молочном скотоводстве / О. В. Слинько, О. В. Кондратьева, А. Д. Федоров, В. А. Войтюк // *Эффективное животноводство*. – 2022. – № 1 (176). – С. 90–94.
8. Загидуллин, Л. Р. Цифровизация молочного скотоводства на примере системы роботизированного доения / Л. Р. Загидуллин, Р. Р. Хисамов, Р. Р. Шайдуллин // *Техника и технологии в животноводстве*. – 2021. – № 4 (44). – С. 17–22. <https://doi.org/10.51794/27132064-2021-4-17>
9. Направления исследований при создании автоматизированных и роботизированных модулей доения коров / Ю. А. Иванов, Л. П. Кормановский, Ю. А. Цой, В. В. Кирсанов // *Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства*. – 2018. – № 3 (31). – С. 15–19.
10. Жилич, Е. Л. Этапы разработки отечественного программно-аппаратного комплекса роботизированной системы доения / Е. Л. Жилич, Ю. Н. Рогальская // *Техника и технологии в животноводстве*. – 2024. – Т. 14, № 1. – С. 18–23. <https://doi.org/10.22314/27132064-2024-1-18>
11. Модернизация типоразмерного ряда доильных установок на основе автоматизированных и роботизированных модулей почтчетвертного доения / В. В. Кирсанов, Ю. А. Цой, Л. П. Кормановский [и др.] // *Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства*. – 2019. – № 3 (35). – С. 20–24.
12. Сравнительная технико-экономическая оценка автоматизированных и роботизированных доильных установок / В. В. Кирсанов, Д. Ю. Павкин, С. С. Рузин, А. А. Цымбал // *Агроинженерия*. – 2020. – № 3 (97). – С. 39–43. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2020-3-39-43>
13. Кирсанов, В. В. Концепция создания доильного робота, совместимого с отечественным доильным оборудованием / В. В. Кирсанов, Ю. А. Цой, Л. П. Кормановский // *Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства*. – 2016. – № 3 (23). – С. 13–20.
14. Портной, А. И. Перспективы использования роботизированных систем доения коров в молочном скотоводстве Беларуси / А. И. Портной, М. С. Михайловская // *Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сб. науч. тр. / Белорус. гос. с.-х. акад. – Горки, 2023. – Вып. 26, ч. 2. – С. 39–45.*
15. Палкин, Г. Г. Роботы на молочных фермах / Г. Г. Палкин // *Сельскохозяйственный вестник. Беларусь – Россия*. – 2001. – № 8. – С. 16–18.
16. Тенденции развития сельскохозяйственной техники за рубежом / подгот.: В. Ф. Федоренко [и др.]. – М.: Росинформ-агротех, 2004. – 144 с.
17. Schleitzer, G. Melkorganisation in grossen Milchviehherden / G. Schleitzer // *Neue Landwirtschaft*. – 2009. – № 7. – S. 60–62.
18. Диченский, А. В. Аспекты применения роботизированной техники в аграрном производстве – современное состояние и перспективы / А. В. Диченский, Н. В. Гриц, А. Ю. Удотов // *Известия Международной академии аграрного образования*. – 2020. – № 50. – С. 15–19.
19. Терентьев, С. С. Применение средств цифровой трансформации в молочном скотоводстве и их роль в повышении популяционного здоровья и продуктивности животных / С. С. Терентьев, А. В. Пашкин, Е. И. Бурова // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. – 2024. – № 3 (72). – С. 277–286. <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2024-72-3-277-286>

20. Подготовка изображения, получаемого с 3D ToF камеры для автоматического обнаружения сосков коровы / В. В. Кирсанов, Д. Ю. Павкин, С. С. Юрочка [и др.] // Инновации в сельском хозяйстве. – 2019. – № 3 (32). – С. 340–346.
21. Казакевич, П. П. Технологическая концепция «умной» молочной фермы / П. П. Казакевич, В. Н. Тимошенко, А. А. Музыка. – Жодино: Науч.-практ. центр НАН Беларуси по животноводству, 2021. – 245 с.
22. Технологические принципы развития роботизированного доения / Д. И. Комлач, Д. Н. Колоско, Е. Л. Жилич [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межведомств. темат. сб. / НАН Беларуси, Науч.-практ. центр по механизации сел. хоз-ва. – Минск, 2022. – Вып. 55. – С. 26–29.
23. Китиков, В. О. Ресурсоэффективные технологии производства молока / В. О. Китиков. – Минск: Науч.-практ. центр НАН Беларуси по механизации сел. хоз-ва, 2011. – 233 с.
24. Perednja, V. I. Reequipment of dairy farms on a base of the machine lowexpeditured technologies / V. I. Perednja, V. O. Kitikov // The 4th research and development conference of central and eastern European institutes of agricultural engineering (CEEAgEng), Moscow, May 12–13, 2005 / VIESH. – Moscow, 2005. – P. 219–224.
25. Применение сверточной нейронной сети для определения границ сосков вымени коровы / С. С. Юрочка, А. Р. Хакимов, Д. Ю. Павкин [и др.] // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2022. – Т. 69, № 3 (48). – С. 82–88. <https://doi.org/10.22314/2658-4859-2022-69-3-82-88>
26. Teat Pose Estimation via RGBD Segmentation for Automated Milking / N. Borla, F. Kuster, J. Langenegger, J. Ribera, M. Honegger, G. Toffetti // Cornell University. – URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2105.09843> (date of access: 01.09.2025).
27. Sfikas, K. Pose normalization of 3D models via reflective symmetry on panoramic views / K. Sfikas, T. Theoharis, I. Pratikakis // The Visual Computer. – 2014. – Vol. 30, № 11. – P. 1261–1274. <http://doi.org/10.1007/s00371-014-0935-4>
28. Определение положения сосков вымени при роботизации доения / Е. Л. Жилич, Ю. Н. Рогальская, В. В. Никончук, Д. В. Бернацкая // Техника и технологии в животноводстве. – 2024. – Т. 14, № 4. – С. 18–24. <https://doi.org/10.22314/27132064-2024-14-4-18>
29. Шарипов, Д. Р. Особенности использования роботизированной системы доения в молочном скотоводстве / Д. Р. Шарипов, О. А. Якимов, И. Ш. Галимуллин // Техника и технологии в животноводстве. – 2021. – № 3 (43). – С. 17–21. <http://doi.org/10.51794/27132064-2021-3-17>

References

1. Popkov N. A., Timoshenko V. N., Trofimov A. F., Muzyka A. A., Baranovskii M. V., Kurak A. S. [et al.]. *Technological recommendations for organizing milk production on new and reconstructed dairy farms*. Zhodino, Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Breeding, 2018. 137 p. (in Russian).
2. Kerimov M. A., Barabanov D. V., Nam I. Ya. G. Optimization of cow milking technology by improving robotic pre-milking udder preparation unit. *AgroZooTechnika = Agricultural and Livestock Technology*, 2023, vol. 6, no. 1. <https://doi.org/10.15838/alt.2023.6.1.6>
3. Fedchenko: Belarus enters top five world leaders in milk production per capita. *SB.BY*. Available at: <https://www.sb.by/articles/belarus-voshla-v-pyaterku-mirovykh-liderov-po-proizvodstvu-moloka-na-dushu-naseleniya-fedchenko.html/> (accessed 1 September 2025) (in Russian).
4. Commentary: Quality decides. How the dairy industry is developing in Belarus. *BELTA*. Available at: <https://belta.by/economics/view/kommentarij-kachestvo-reshaet-kak-razvivaetsja-molochnaja-otrasl-v-belarusi-624630-2024> (accessed 1 September 2025).
5. Belarus: Key figures of dairy exports in 2023. *Belarus International*. Available at: <https://belarus-expo.com/belarus-key-digits-of-the-milk-ex/> (accessed 1 September 2025).
6. Kitikov V. O. The concept of creation of physiologically gentle process of machine milking of cows. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*, 2017, no. 1, pp. 126–131 (in Russian).
7. Slin'ko O. V., Kondrat'eva O. V., Fedorov A. D., Voityuk V. A. Technological solutions in dairy cattle breeding. *Effektivnoe zhivotnovodstvo* [Effective Animal Husbandry], 2022, no. 1 (176), pp. 90–94 (in Russian).
8. Zagidullin L. R., Hisamov R. R., Shaidullin R. R. Digitalization of dairy cattle breeding on the robotic milking system example. *Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve = Machinery and Technologies in Livestock*, 2021, no. 4 (44), pp. 17–22 (in Russian). <https://doi.org/10.51794/27132064-2021-4-17>
9. Ivanov Y. A., Kormanovsky L. P., Tsoi Y. A., Kirsanov V. V. The directions of research at cows milking automatic and robotic modules creating. *Vestnik Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva = Journal of VNIIMZH*, 2018, no. 3 (31), pp. 15–19 (in Russian).
10. Zhilich E. L., Rogalskaya Yu. N. Stages of domestic robotic milking system's software-and-apparatus complex development. *Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve = Machinery and Technologies in Livestock*, 2024, vol. 14, no. 1, pp. 18–23 (in Russian). <https://doi.org/10.22314/27132064-2024-1-18>
11. Kirsanov V. V., Tsoi Y. A., Kormanovsky L. P., Pavkin D. U., Ruzin S. S. Modernization of the milking units type-sized row on the udder quarter milkings' automated and robotic modules base. *Vestnik Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva = Journal of VNIIMZH*, 2019, no. 3 (35), pp. 20–24 (in Russian).
12. Kirsanov V. V., Pavkin D. Yu., Ruzin S. S., Tsybmal A. A. Comparative technical and economic assessment of automated and robotized milking plants. *Agroinzheneriya = Agricultural Engineering*, 2020, no. 3 (97), pp. 39–43 (in Russian). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2020-3-39-43>
13. Kirsanov V. V., Tsoi Y. A., Kormanovsky L. P. The concept of creating a milking robot compatible with domestic milking equipment. *Vestnik Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva = Journal of VNIIMZH*, 2016, no. 3 (23), pp. 13–20 (in Russian).

14. Portnoi A. I., Mikhailovskaya M. S. Prospects for the use of robotic milking systems in dairy farming in Belarus. *Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva: sbornik nauchnykh trudov* [Actual problems of intensive development of animal husbandry: collection of scientific papers]. Gorki, 2023, iss. 26, pt. 2, pp. 39–45 (in Russian).
15. Palkin G. G. Robots on dairy farms. *Sel'skokhozyaistvennyi vestnik. Belarus' – Rossiya* [Agricultural Bulletin. Belarus – Russia], 2001, no. 8, pp. 16–18 (in Russian).
16. Fedorenko V. F., Lachuga Yu. F., Orsik L. S., Buklagin D. S., Mishurov N. P., Gol'tyapin V. Ya. [et al.]. *Trends in the development of agricultural machinery abroad*. Moscow, Rosinformagrotech Publ., 2004. 144 p. (in Russian).
17. Schleitzer G. *Melkorganisation in grossen Milchviehherden* [Milking organization in large dairy farms]. *Neue Landwirtschaft*, 2009, no. 7, pp. 60–62 (in German).
18. Dichenskiy A. V., Grits N. V., Udotov A. Yu. Aspects of the use of robotic technology in agricultural production – current state and prospects. *Izvestiya Mezhdunarodnoi akademii agrarnogo obrazovaniya* [Bulletin of the International Academy of Agrarian Education], 2020, no. 50, pp. 15–19 (in Russian).
19. Terentyev S. S., Pashkin A. V., Burova E. I. Application of digital transformation tools in dairy cattle farming and their role in improving population health and animal productivity. *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet) = Vestnik NGAU (Novosibirsk State Agrarian University)*, 2024, no. 3 (72), pp. 277–286 (in Russian). <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2024-72-3-277-286>.
20. Kirsanov V. V., Pavkin D. Y., Yurochka S. S., Nikitin E. A., Vladimirov F. E., Ruzin S. S. Preparing an image received with 3D ToF camera for automatic detection of cow teats. *Innovatsii v sel'skom khozyaistve* [Innovations in Agriculture], 2019, no. 3 (32), pp. 340–346 (in Russian).
21. Kazakevich P. P., Timoshenko V. N., Muzyka A. A. *Technological concept of a “Smart” Dairy Farm*. Zhodino, Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus on Animal Husbandry, 2018. 245 p. (in Russian).
22. Komlach D. I., Kolosko D. N., Zhilich E. L., Rogalskaya Yu. N., Getsman S. A. Technological principles of the development of robotic milking. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaistva: mezhvedomstvennyi tematicheskii sbornik* [Mechanization and electrification of agriculture: interdepartmental subject collection]. Minsk, 2022, iss. 55, pp. 26–29 (in Russian).
23. Kitikov V. O. *Resource-efficient technologies for milk production*. Minsk, Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agricultural Mechanization, 2011. 233 p. (in Russian).
24. Perednja V. I., Kitikov V. O. Reequipping of dairy farms on a base of the machine lowexpedited technologies. *The 4th research and development conference of central and eastern European institutes of agricultural engineering (CEEAgEng)*, Moscow, May 12–13, 2005. Moscow, 2005, pp. 219–224.
25. Yurochka S. S., Khakimov A. R., Pavkin D. Yu., Dovlatov I. M., Vladimirov F. E. Using a convolutional neural network to determine the teat limits of a cow's udder. *Elektrotehnologii i elektrooborudovanie v APK = Electrical Engineering and Electrical Equipment in Agriculture*, 2022, vol. 69, no. 3 (48), pp. 82–88 (in Russian). <https://doi.org/10.22314/2658-4859-2022-69-3-82-88>
26. Borla N., Kuster F., Langenegger J., Ribera J., Honegger M., Toffetti G. Teat Pose Estimation via RGBD Segmentation for Automated Milking. *Cornell University*. Available at: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2105.09843> (accessed 1 September 2025).
27. Sfikas K., Theoharis T., Pratikakis I. Pose normalization of 3D models via reflective symmetry on panoramic views. *The Visual Computer*, 2014, vol. 30, no. 11, pp. 1261–1274. <http://doi.org/10.1007/s00371-014-0935-4>
28. Zhilich E. L., Rogalskaya Yu. N., Nikonchuk V. V., Bernatskaya D. V. Determination of the udder nipples' position at milking robotization. *Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve = Machinery and Technologies in Livestock*, 2024, vol. 14, no. 4, pp. 18–24 (in Russian). <https://doi.org/10.22314/27132064-2024-14-4-18>
29. Sharipov D. R., Yakimov O. A., Galimullin I. Sh. Features of robotic milking system at dairy cattle breeding using. *Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve = Machinery and Technologies in Livestock*, 2021, no. 3 (43), pp. 17–21 (in Russian). <http://doi.org/10.51794/27132064-2021-3-17>

Информация об авторах

Жилич Евгений Леонидович – заведующий лабораторией механизации процессов производства молока и говядины, Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства (ул. Кнорина, 1, 220049, Минск, Республика Беларусь). E-mail: zhilich1987@mail.ru

Китиков Вадим Олегович – доктор технических наук, профессор, директор Института жилищно-коммунального хозяйства НАН Беларуси (ул. Академика Купревича, 10, 220084, Минск, Республика Беларусь). E-mail: kitsikau@mail.ru

Рогальская Юлия Николаевна – научный сотрудник лаборатории механизации процессов производства молока и говядины, Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства (ул. Кнорина, 1, 220049, Минск, Республика Беларусь). <https://orcid.org/0000-0002-4107-3121>. E-mail: rogalskaya.juliya@yandex.ru

Information about the authors

Evgeny L. Zhilich – Head of the Laboratory of Mechanization of Milk and Beef Production Processes Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agricultural Mechanization (1, Knorin St., 220049, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: zhilich1987@mail.ru

Vadim A. Kitikov – Dr. Sc. (Engineering), Professor, Director of the Institute of Housing and Communal Services of the National Academy of Sciences of Belarus (10, Akademician Kuprevich St., 220084, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: kitsikau@mail.ru

Yulia N. Rogalskaya – Research Associate of the Laboratory of Mechanization of Milk and Beef Production Processes, Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agricultural Mechanization (1, Knorin St., 220049, Minsk, Republic of Belarus). <https://orcid.org/0000-0002-4107-3121>. E-mail: rogalskaya.juliya@yandex.ru

ISSN 1817-7204 (Print)

ISSN 1817-7239 (Online)

ПЕРАПРАЦОЎКА І ЗАХАВАННЕ СЕЛЬСКАГАСПАДАРЧАЙ ПРАДУКЦЫІ*PROCESSING AND STORAGE OF AGRICULTURAL PRODUCTS*

УДК 613.268:665.334.9:616.1-084

<https://doi.org/10.29235/1817-7204-2025-63-4-343-352>

Поступила в редакцию 18.08.2025

Received 18.08.2025

И. М. Почицкая¹, А. А. Журня¹, Т. В. Окулова¹, С. В. Черняк²¹*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию,
Минск, Республика Беларусь*²*Республиканский научно-практический центр «Кардиология», Минск, Республика Беларусь***ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАПСОВОГО МАСЛА И МАСЛОЖИРОВЫХ ПРОДУКТОВ НА ЕГО ОСНОВЕ В ПРОФИЛАКТИКЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ У ЛИЦ С ИЗБЫТОЧНОЙ МАССОЙ ТЕЛА**

Аннотация. В условиях роста числа заболеваний, ассоциированных с избыточной массой тела, актуальной задачей становится разработка эффективных и научно обоснованных подходов к профилактическому питанию, ориентированных на снижение кардиометаболических рисков. Растительные масла, благодаря содержанию полиненасыщенных и мононенасыщенных жирных кислот, а также биологически активных компонентов – фосфолипидов, фитостеролов, витаминов, представляют собой один из перспективных элементов стратегий, направленных на улучшение пищевого рациона. В рамках данного исследования проведена сравнительная оценка эффективности применения рафинированных дезодорированных растительных масел – рапсового и подсолнечного, а также масла растительного – смеси «Особое», оптимизированного по жирнокислотному составу, разработанному специалистами РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию». Испытания проводились при участии добровольцев с избыточной массой тела и были направлены на изучение пищевой ценности и профилактического потенциала исследуемых растительных масел. Установлено, что включение рапсового масла в рацион питания лиц с избыточной массой тела сопровождается достоверным улучшением липидного профиля крови (снижение общего холестерина, ЛПНП и аполипопротеина В), увеличением скорости обмена веществ и уменьшением биологического возраста сосудов. Масло растительное – смесь «Особое» проявило умеренную антиатерогенную активность, тогда как подсолнечное масло не продемонстрировало значимых изменений. Полученные данные подтверждают перспективность использования рапсового масла и масложировых продуктов на его основе в рационе лиц с избыточной массой тела, особенно в рамках подходов к профилактике сердечно-сосудистых заболеваний.

Ключевые слова: масло рапсовое, масло подсолнечное, масло растительное – смесь, профилактическое питание, избыточная масса тела, сердечно-сосудистые заболевания, липидный профиль, биологический возраст сосудов, антиатерогенное действие

Для цитирования: Перспективы использования рапсового масла и масложировых продуктов на его основе в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний у лиц с избыточной массой тела / И. М. Почицкая, А. А. Журня, Т. В. Окулова, С. В. Черняк // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2025. – Т. 63, № 4. – С. 343–352. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2025-63-4-343-352>

Iryna M. Pochitskaya¹, Hanna A. Zhurnia¹, Tatsiana V. Akulava¹, Sergey V. Charnyak²¹*Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food,
Minsk, Republic of Belarus*²*Republican Scientific and Practical Center “Cardiology”, Minsk, Republic of Belarus***PROSPECTS FOR THE USE OF RAPESEED OIL AND ITS DERIVED FAT PRODUCTS IN THE PREVENTION OF CARDIOVASCULAR DISEASES IN OVERWEIGHTED INDIVIDUALS**

Abstract. In light of the growing prevalence of overweight-related diseases, an urgent priority is to develop effective, evidence-based preventive nutritional strategies aimed at reducing cardiometabolic risk. Vegetable oils, rich in polyunsaturated and monounsaturated fatty acids, as well as such biologically active components as phospholipids, phytosterols, and vitamins, represent a promising component in dietary improvement programs. This study conducted a comparative evaluation of refined, deodorized rapeseed oil, sunflower oil, and an optimized vegetable-oil blend called “Osoboe,” developed by the RUE Scientific-Practical Center of the NAS of Belarus for Food. Overweight volunteers participated in trials designed to assess

the nutritional value and preventive potential of these oils. Results showed that incorporating rapeseed oil into the diets of overweighted individuals led to statistically significant improvements in blood lipid profiles (reductions in total cholesterol, LDL-cholesterol, and apolipoprotein B), increased metabolic rate, and a reduction in the biological age of blood vessels. The “Osoboe” blend exhibited moderate anti-atherogenic activity, whereas sunflower oil produced no significant changes. These findings confirm the prospects of using rapeseed oil, and fat products derived from it, in diets for overweighted individuals, particularly within cardiovascular disease prevention strategies.

Keywords: rapeseed oil, sunflower oil, vegetable oil blend, preventive nutrition, overweight, cardiovascular diseases, lipid profile, vascular biological age and anti-atherogenic effect

For citation: Pochitskaya I. M., Zhurnia H. A., Akulava T. V., Charnyak S. V. Prospects for the use of rapeseed oil and its derived fat products in the prevention of cardiovascular diseases in overweighted individuals. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2025, vol. 63, no. 4, pp. 343–352 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2025-63-4-343-352>

Введение. Растительные масла являются важным компонентом рациона человека, обеспечивая энергетические потребности и выполняя биохимические, структурные и регуляторные функции. Их основная ценность заключается в поставке полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), которые играют ключевую роль в регуляции липидного обмена, снижении риска сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ), атеросклероза и других патологий [1].

Современные исследования подтверждают значимость жирных кислот в первичной и вторичной профилактике ССЗ [2]. Однако влияние различных типов жирных кислот на сердечно-сосудистую систему существенно различается. Особенно неблагоприятное действие оказывают транс-жирные кислоты, относящиеся к подклассу ненасыщенных жирных кислот. Согласно метаанализу проспективных когортных исследований увеличение калорийности рациона всего на 2 % за счет трансжиров повышает риск ишемической болезни сердца на 23 % [3]. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) рекомендует ограничить потребление трансжиров на уровне не более 1 % от суточной калорийности, а насыщенных жирных кислот на уровне не более 10 % [4].

В профилактике ССЗ особое значение имеют ω -3, ω -6 и ω -9 жирные кислоты. Наиболее важными для здоровья человека являются ПНЖК: линолевая (ω -6), α -линоленовая (ω -3), арахидоновая (ω -6), эйкозапентаеновая (ЕРА, ω -3), докозагексаеновая (ДНА, ω -3), а также мононенасыщенная олеиновая (ω -9) кислота [5, 6]. При этом α -линоленовая и линолевая кислоты являются незаменимыми, то есть не синтезируются в организме и должны поступать с пищей [5].

Клинические данные подтверждают благоприятное влияние ω -3 ПНЖК как у пациентов с ССЗ, так и у здоровых лиц. В работе [7] изложены результаты наблюдения за 94 здоровыми мужчинами в течение 17 лет и установлено, что более высокие уровни ω -3 жирных кислот были обратно пропорциональны риску внезапной смерти. В крупном клиническом исследовании GISSI-Prevenzione trial, в котором участвовало 11 324 пациента, перенесших инфаркт миокарда, изучалось влияние добавок ω -3 жирных кислот и витамина Е на комбинированную конечную точку: смерть, нефатальный инфаркт и инсульт. Через 3,5 года было показано, что ω -3 ПНЖК достоверно снижали риск повторных сердечно-сосудистых событий в отличие от витамина Е [8].

Недавний метаанализ, проведенный М. Casula с коллегами, включил 81 073 участника и продемонстрировал, что прием ω -3 ПНЖК достоверно улучшает сердечно-сосудистые исходы, особенно при вторичной профилактике заболеваний сердца и сосудов [9]. Результаты 70 рандомизированных контролируемых исследований подтвердили, что ω -3 жирные кислоты способствуют снижению как систолического, так и диастолического артериального давления, причем наибольший эффект наблюдался у пациентов, не получающих медикаментозную терапию [10].

Рацион питания оказывает значительное влияние на состояние здоровья. Избыток ω -6 жирных кислот и высокое соотношение ω -6 : ω -3, характерное для современного рациона, ассоциируются с повышенным риском развития сердечно-сосудистых заболеваний, онкологических патологий, ожирения, диабета, воспалительных и аутоиммунных состояний [11, 12]. Исследования подтверждают необходимость увеличения потребления ПНЖК, особенно ω -3, для профилактики алиментарно-зависимых заболеваний [13]. В этой связи перспективным направлением является создание масложировой продукции, и в частности растительных масел с оптимизированным жирнокислотным составом профилактической направленности [14].

Рапсовое масло, одно из самых распространенных в мире, продемонстрировало положительное влияние на гликемический контроль у пациентов с диабетом 2-го типа. В исследовании, про-

веденном под руководством David J. A. Jenkins, было выявлено, что диета с низким гликемическим индексом, обогащенная маслом канолы, улучшала показатели гликемии, особенно у лиц с повышенным систолическим давлением [15].

Республика Беларусь обладает значительным потенциалом в производстве растительных масел, особенно рапсового, которое занимает до 97 % в структуре валового сбора масличных культур [16, 17]. По данным Белстата, в 2022 г. урожай рапса составил более 800 тыс. т, а в 2023-м был побит рекорд по валовому сбору. Беларусь входит в топ-10 мировых экспортеров рапса, при этом производит около 1 % от мирового объема. Внутреннее потребление растительных масел в Беларуси составляет 18 кг в расчете на душу населения в год, что свидетельствует о наличии резервов для повышения использования рапсового масла на внутреннем рынке, особенно с учетом его значимого экспортного потенциала [17]. В данной связи актуально формирование культуры потребления функциональных растительных масел, в первую очередь рапсового, а также развитие ассортимента масложировой продукции с доказанными профилактическими свойствами.

Профилактика сердечно-сосудистых заболеваний требует снижения атерогенных факторов и коррекции метаболического синдрома [18]. Однако исследований, посвященных влиянию растительных масел и их смесей на атерогенные биомаркеры, пока недостаточно. Поэтому изучение воздействия рафинированных дезодорированных масел (рапсовое, подсолнечное) и их смесей на липидный профиль и состояние сосудистой стенки у здоровых лиц и лиц с избыточной массой тела остается актуальным научным направлением.

С целью улучшения жирнокислотного профиля и повышения биологической ценности растительных масел специалистами Научно-практического центра НАН Беларуси по продовольствию разработана и утверждена рецептура растительного масла «Особое» (РЦ ВУ 190239501.6.251), представляющего собой смесь рафинированного дезодорированного рапсового и подсолнечного масел с добавлением нерафинированного льняного масла. Продукт соответствует требованиям ТУ ВУ 190239501.136, а также техническим регламентам ТР ТС 024/2011 и ТР ТС 021/2011, что подтверждает его безопасность и пригодность для непосредственного употребления в пищу.

Специалисты Научно-практического центра Национальной академии наук Беларуси по продовольствию и Республиканского научно-практического центра «Кардиология» (РНПЦ «Кардиология») провели сравнительное исследование по оценке влияния рафинированных дезодорированных растительных масел (рапсового, подсолнечного) и масла растительного – смеси «Особое» у лиц с избыточной массой тела на липидный спектр крови, состав тела и биологический возраст сосудов.

Для оценки нутриентного профиля экспериментального рациона, применяемого в ходе исследования, был проведен анализ жирнокислотного состава используемых растительных масел: рафинированного рапсового (РМ), рафинированного подсолнечного (ПМ) и масла растительного – смеси «Особое» (включает подсолнечное, рапсовое и льняное масла). Жирнокислотный состав масел представлен в таблице.

Жирнокислотный состав растительных масел
Fatty acid composition of vegetable oils

Наименование жирной кислоты	Содержание жирных кислот, %		
	Масло рапсовое рафинированное дезодорированное (РМ)	Масло подсолнечное рафинированное дезодорированное вымороженное (ПМ)	Масло растительное – смесь «Особое»
Пальмитиновая (C _{16:0})	4,7	5,6	5,2
Пальмитолеиновая (C _{16:1})	0,2	0,1	0,1
Стеариновая (C _{18:0})	1,6	2,2	2,3
Олеиновая (C _{18:1})	62,1	36,5	46,4
Линолевая (ω-6) (C _{18:2})	23,2	54,3	36,7
α-Линоленовая (ω-3) (C _{18:3})	7,1	0,3	7,5
Арахидовая (C _{20:0})	0,4	0,2	0,3
Гондоиновая (C _{20:1})	0,6	0,3	0,7
Бегеновая (C _{22:0})	–	0,4	0,2
Эруковая (C _{22:1})	–	–	–
Соотношение ω-6 : ω-3	3 : 1	181 : 1	5 : 1

Материалы и методы исследования. В исследование были включены лица с избыточной массой тела, предварительно прошедшие скрининг и подписавшие информированное согласие на участие. Отбор проводился среди пациентов, наблюдавшихся или впервые обратившихся в лабораторию артериальной гипертензии РНПЦ «Кардиология».

Критериями включения в исследование являлись: наличие подписанного и датированного информированного согласия, возраст от 30 до 55 лет, индекс массы тела не ниже 30 кг/м^2 , уровень артериального давления в пределах от 130/80 до 160/110 мм рт. ст. и способность пациента выполнять указания врача-исследователя, включая прохождение всех процедур, предусмотренных протоколом.

Критериями исключения были: установленные диагнозы сахарного диабета (1-го или 2-го типа); выраженный атеросклероз коронарных или церебральных артерий, требующий хирургической реваскуляризации; хронические заболевания почек или печени; прием биологически активных добавок в течение последних трех месяцев; использование статинов или препаратов, содержащих омега-3; непереносимость рапсового либо подсолнечного масла.

Из 52 обследованных лиц 30 соответствовали критериям включения и дали согласие на участие в исследовании. В выборке преобладали женщины (57 %, $n = 17$), мужчины составили 43 % ($n = 13$). Средний возраст участников – $(42,7 \pm 7,7)$ года.

Каждому участнику оформлялась индивидуальная карта, включающая сведения о поле, возрасте, наличии факторов риска (наследственность, курение, употребление алкоголя, уровень физической активности), длительности артериальной гипертензии, сопутствующих заболеваниях и субъективных жалобах. Первичный клинический осмотр включал измерение роста, массы тела, окружности талии и бедер, а также артериального давления (АД) и частоты сердечных сокращений (ЧСС).

Для оценки состояния сосудистой системы использовалась технология определения скорости распространения пульсовой волны (СРПВ) и биологического возраста сосудов при помощи системы SphygmoCor (Австрия). Метод основывается на аппланационной тонометрии, при которой пульсовая волна регистрируется сенсором Millar® на сонной и бедренной артериях с синхронной записью ЭКГ. Программное обеспечение SphygmoCor CvMS автоматически обрабатывало полученные данные, включая расчет биологического возраста сосудов.

Анализ композиционного состава тела проводился методом биоимпедансной спектроскопии на приборе ABC02 «Медасс» (Россия) с использованием специализированного программного обеспечения. Метод основывается на разнице электропроводимости тканей организма, связанной с уровнем содержания воды и электролитов.

Биохимическое исследование крови осуществлялось на автоматическом анализаторе Olympus AU400 (Beckman Coulter, США) с использованием коммерческих наборов Beckman Coulter и Abbott. Оценивались параметры липидного обмена: уровень общего холестерина (ОХС), триглицеридов (ТГ), холестерина липопротеинов высокой (ХС ЛПВП) и низкой (ХС ЛПНП) плотности.

Дополнительно определялись уровни аполипопротеинов А1 и В. Их соотношение использовалось как чувствительный маркер сердечно-сосудистого риска. Доказано, что отношение АпоВ/АпоА1 более достоверно отражает риск развития атеросклероза и эффективность терапии, направленной на снижение липидов, чем уровень холестерина липопротеинов низкой плотности.

После завершения начального обследования все участники получали унифицированное повторяющееся семидневное меню с энергетической ценностью 3 000 ккал/сут.

Первые 6 недель добровольцы принимали подсолнечное масло в количестве 60 мл в сутки. Следующие 4 недели – период «вымывания», в процессе которого участники эксперимента не употребляли растительные масла для уменьшения жировой нагрузки на них, а также обеспечения элиминации предшествующих эффектов диеты. После окончания периода «вымывания» испытуемые принимали 6 недель по 60 мл рапсового масла в сутки. Затем еще один период «вымывания» в течение 4 недель, после окончания которого проводился прием 60 мл масла растительного – смеси в сутки в течение 6 недель. Весь период исследования для каждого испытуемого занял 26 недель.

Использование дозы растительного масла 60 мл/сут обусловлено необходимостью достижения выраженного метаболического эффекта, позволяющего оценить влияние различных видов масел

на биомаркеры состояния здоровья. В условиях контролируемого питания такая доза позволяет минимизировать влияние других источников жиров и обеспечить сопоставимость между этапами исследования. При энергетической ценности рациона 3 000 ккал/сут 60 мл масла составляют около 18 % суточной калорийности (≈ 540 ккал), что соответствует допустимому диапазону потребления жиров для взрослых, включая лиц с избыточной массой тела, – до 30 % от общей калорийности. Периоды «вымывания» длительностью 4 недели были включены именно для минимизации кумулятивной жировой нагрузки и исключения переноса эффектов между этапами.

На основании данных таблицы рассчитано суточное поступление ключевых жирных кислот из 60 мл масел. В масле растительном – смеси «Особое» содержание омега-9 составляет 25,6 г, омега-6 – 20,3 г, омега-3 – 4,14 г (соотношение ω -6 : ω -3 – 5 : 1). Для рапсового масла: омега-9 – 34,3 г, омега-6 – 12,8 г, омега-3 – 3,9 г (соотношение 3 : 1). В подсолнечном масле преобладает омега-6 (29,9 г) при минимальном содержании омега-3 (0,17 г), соотношение – 181 : 1, что указывает на его низкую сбалансированность по ПНЖК.

Для статистической обработки данных применяли программный пакет Statistica 10.0. Нормальность распределения количественных переменных оценивали с помощью критерия Колмогорова – Смирнова. Показатели, соответствующие нормальному распределению, представляли в виде среднего значения и стандартного отклонения ($M \pm SD$). Для сравнения групповых различий использовали t-критерий Стьюдента, порогом статистической значимости считали $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Все участники настоящего исследования имели избыточную массу тела – средний индекс массы тела (ИМТ) составил ($32,7 \pm 1,98$) кг/м².

По результатам анализа состава тела было установлено, что употребление подсолнечного, рапсового масел, а также масла растительного – смеси «Особое» не привело к достоверным изменениям в показателях общей жировой массы, ее процентного содержания и соотношения окружностей талии к бедрам.

Наиболее интересной оказалась динамика параметров, отражающих метаболическую активность. Прием подсолнечного масла сопровождался незначительным снижением уровня основного обмена – с ($1\,680,4 \pm 238,5$) до ($1\,678,8 \pm 220,9$) ккал/сут ($p = 0,56$). Аналогичная тенденция наблюдалась в группе рапсового масла – с ($1\,670,1 \pm 231,5$) до ($1\,617,1 \pm 399,3$) ккал/сут ($p = 0,41$). В то же время прием масла растительного – смеси «Особое» демонстрировал увеличение показателя с ($1\,664,7 \pm 227,7$) до ($1\,670,4 \pm 230,8$) ккал/сут ($p = 0,36$).

На основании исследований установлено, что подсолнечное и рапсовое масла способствовали небольшому снижению энергетических затрат организма в состоянии покоя, тогда как масло растительное – смесь «Особое» демонстрировало тенденцию к умеренному повышению данного показателя. Однако все установленные изменения не были статистически достоверными.

В ходе анализа динамики показателя «удельный основной обмен» отмечена положительная тенденция к увеличению данного параметра на 9,7 % при употреблении рапсового масла – с ($727,4 \pm 49,7$) до ($798,0 \pm 48,6$) ккал/м²/сут. Полученные данные могут свидетельствовать об улучшении метаболических процессов на фоне применения рапсового масла.

В группе, получавшей масло растительное – смесь, также отмечалась тенденция к увеличению данного показателя – с ($786,2 \pm 53,4$) до ($789,3 \pm 51,2$) ккал/м²/сут ($p = 0,29$), однако без достоверных различий. На фоне приема подсолнечного масла установлено снижение удельного основного обмена с ($799,2 \pm 56,9$) до ($789,4 \pm 53,4$) ккал/м²/сут ($p = 0,95$), что указывает на возможное замедление метаболических процессов при его употреблении.

На основании анализа показателей основного обмена и удельного основного обмена показано, что употребление рапсового масла способствует повышению скорости обмена веществ в организме при одновременном снижении энергетического минимума, необходимого для поддержания жизненно важных функций организма в состоянии относительного покоя.

Оценка влияния исследуемых растительных масел на параметры липидного обмена представлена на рис. 1 и 2. Наиболее выраженный эффект установлен при употреблении рапсового масла, что подтверждается достоверным снижением уровня общего холестерина с ($5,32 \pm 0,77$) до ($4,47 \pm 0,80$) ммоль/л ($p < 0,05$), а также холестерина липопротеинов низкой плотности с ($4,05 \pm 0,86$) до ($3,67 \pm 0,78$) ммоль/л ($p < 0,05$).

Полученные данные согласуются с результатами многоцентрового исследования COMIT (Canola Oil Multicentre Intervention Trial), подтвердившего способность масла канолы (рапсового) снижать концентрации атерогенных липидных фракций и улучшать липидный профиль крови. Диета с использованием масла растительного – смеси «Особое» способствовала умеренному улучшению липидного профиля: установлено незначительное снижение уровня общего холестерина (с $(5,45 \pm 0,87)$ до $(5,31 \pm 0,95)$ ммоль/л; $p = 0,27$) и концентрации липопротеинов низкой плотности (с $(3,79 \pm 0,75)$ до $(3,63 \pm 1,06)$ ммоль/л; $p = 0,28$).

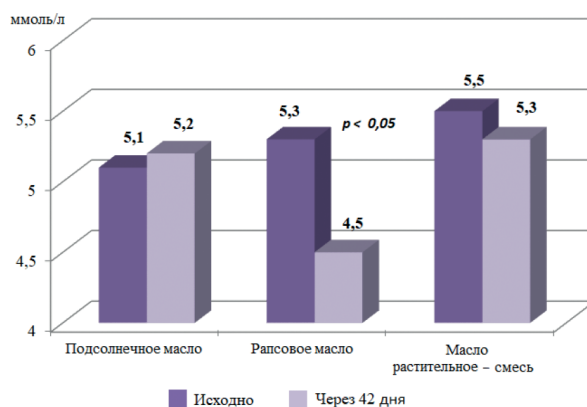


Рис. 1. Влияние растительных масел и масла растительного – смеси на показатели общего холестерина

Fig. 1. Influence of vegetable oils and the vegetable oil blend on total cholesterol levels

В свою очередь, рацион с включением подсолнечного масла не продемонстрировал выраженного антиатерогенного действия: наблюдалось увеличение уровня общего холестерина (с $(5,1 \pm 0,90)$ до $(5,2 \pm 0,7)$ ммоль/л; $p = 0,61$) и ЛПНП (с $(3,86 \pm 0,95)$ до $(3,96 \pm 0,83)$ ммоль/л; $p = 0,67$).

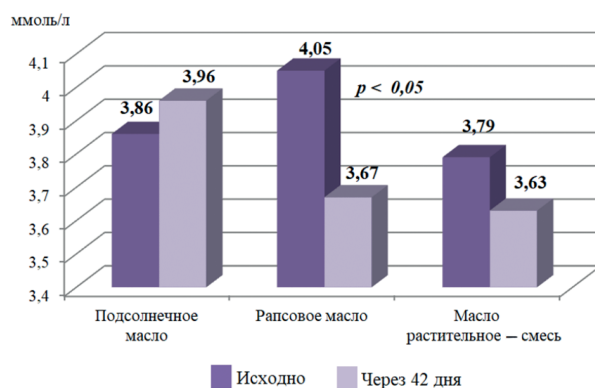


Рис. 2. Влияние растительных масел и масла растительного – смеси на показатели ЛПНП

Fig. 2. Influence of vegetable oils and the vegetable oil blend on LDL cholesterol levels

В рамках данного исследования проведена оценка влияния употребления различных растительных масел на уровни аполипопротеинов В (АпоВ) и А1 (АпоА1). Повышенная концентрация АпоВ способствует накоплению холестерина в сосудистой стенке и прогрессированию атеросклероза. Одним из возможных механизмов снижения уровня АпоВ при употреблении рапсового масла может быть наличие в его составе α -линоленовой кислоты (ω -3 ПНЖК), способной взаимодействовать с ядерными рецепторами PPAR, что приводит к подавлению синтеза частиц АпоВ.

У лиц с избыточной массой тела отмечается снижение способности эндотелия к продукции монооксида азота, что ассоциируется с развитием эндотелиальной дисфункции, ранними признаками ремоделирования сосудистой стенки и ускорением сосудистого старения.

Результаты настоящего исследования продемонстрировали достоверное снижение уровня АпоВ на фоне употребления рапсового масла – с $(1,06 \pm 0,21)$ до $(0,96 \pm 0,21)$ г/л ($p = 0,03$). Употребление подсолнечного масла не привело к статистически значимым изменениям показателя с $(1,07 \pm 0,22)$ г/л до $(1,07 \pm 0,19)$ г/л; $p = 0,97$). Прием масла растительного – смеси «Особое» также сопровождался снижением уровня АпоВ – с $(1,08 \pm 0,20)$ до $(1,06 \pm 0,22)$ г/л ($p = 0,49$), что может свидетельствовать о его потенциальном положительном влиянии на липидный спектр крови.

Одновременно в группах рапсового масла и масла-смеси было зафиксировано достоверное снижение концентрации АпоА1 – с $(1,47 \pm 0,17)$ до $(1,43 \pm 0,16)$ г/л ($p = 0,04$) и с $(1,51 \pm 0,16)$ до $(1,43 \pm 0,13)$ г/л ($p = 0,003$) соответственно. Прием подсолнечного масла не повлиял на уровень АпоА1 (изменение с $(1,52 \pm 0,23)$ до $(1,52 \pm 0,18)$ г/л; $p = 0,99$). Поскольку АпоА1 является структурным компонентом липопротеинов высокой плотности, его снижение может рассматриваться как неблагоприятный фактор в контексте атерогенных изменений.

Повышение соотношения аполипопротеинов В и А1 (АпоВ/АпоА1) рассматривается как один из ключевых прогностических факторов риска развития сердечно-сосудистых заболеваний, ассоциированных с избыточной массой тела и ожирением. В настоящем исследовании данный показатель был использован для оценки динамики соответствующих аполипопротеинов на фоне диетотерапии с применением растительных масел.

При употреблении подсолнечного масла значение соотношения АпоВ/АпоА1 снизилось с $(0,73 \pm 0,20)$ до $(0,71 \pm 0,19)$ ($p = 0,98$), в группе рапсового масла – с $(0,73 \pm 0,19)$ до $(0,70 \pm 0,17)$ ($p = 0,11$). В то же время в группе, получавшей масло растительное – смесь «Особое», наблюдалось повышение показателя с $(0,72 \pm 0,17)$ до $(0,74 \pm 0,18)$ ($p = 0,39$).

Несмотря на разнонаправленные изменения, ни в одной из групп не зафиксировано статистически достоверных различий в значениях АпоВ/АпоА1 до и после диетотерапии.

В ходе исследования установлено, что биологический возраст сосудов у участников в исходной точке значительно превышал календарный возраст – $(53,3 \pm 16,8)$ года против $(42,7 \pm 7,7)$ года, что может свидетельствовать о наличии факторов, способствующих ускоренному сосудистому старению (рис. 3).

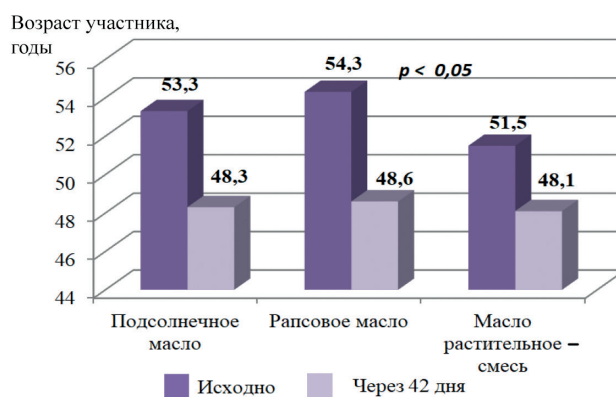


Рис. 3. Динамика изменения биологического возраста испытуемых на фоне приема растительных масел и масла растительного – смеси

Fig. 3. Dynamics of changes in the biological age of subjects during consumption of vegetable oils and the vegetable oil blend

Достоверное снижение биологического возраста сосудистой системы наблюдалось исключительно в группе, получавшей диетотерапию с включением рапсового масла – с $(54,3 \pm 14,7)$ до $(48,6 \pm 11,6)$ лет. Это может отражать положительное влияние жирнокислотного состава рапсового масла на функциональное состояние сосудистой стенки, в том числе за счет антиатерогенного действия и возможного улучшения эндотелиальной функции.

Заключение. В ходе проведенного исследования установлено, что диетотерапия с использованием подсолнечного масла у лиц с избыточной массой тела не оказывает антиатерогенного действия. Это подтверждается отсутствием достоверных изменений уровня общего холесте-

на – с $(5,1 \pm 0,9)$ до $(5,2 \pm 0,7)$ ммоль/л ($p = 0,61$) и липопротеинов низкой плотности (ЛПНП) – с $(3,86 \pm 0,95)$ до $(3,96 \pm 0,83)$ ммоль/л ($p = 0,67$).

Употребление рапсового масла способствовало увеличению скорости обмена веществ – с $(727,4 \pm 49,7)$ до $(798,0 \pm 48,6)$ ккал/м²/сут; снижению уровня общего холестерина – с $(5,32 \pm 0,77)$ до $(4,47 \pm 0,80)$ ммоль/л; ЛПНП – с $(4,05 \pm 0,86)$ до $(3,67 \pm 0,78)$ ммоль/л; аполипопротеина В (АпоВ) – с $(1,06 \pm 0,21)$ до $(0,96 \pm 0,21)$ г/л; а также снижению биологического возраста сосудистой стенки – с $(54,3 \pm 14,7)$ до $(48,6 \pm 11,6)$ лет. Указанные изменения являются статистически значимыми, что подтверждает достоверность антиатерогенного действия рапсового масла у обследуемых лиц с избыточной массой тела.

Диетотерапия с применением масла растительного – смеси «Особое» также демонстрировала признаки антиатерогенной активности, однако менее выраженные по сравнению с рапсовым маслом: зафиксировано снижение общего холестерина – с $(5,45 \pm 0,87)$ до $(5,31 \pm 0,95)$ ммоль/л ($p = 0,27$) и ЛПНП – с $(3,79 \pm 0,75)$ до $(3,63 \pm 1,06)$ ммоль/л ($p = 0,28$).

Оценка соотношения АпоВ/АпоА1 показала, что у всех участников сохранялся средний уровень сердечно-сосудистого риска, который не изменился на фоне приема изучаемых масел и их композиций.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что включение в рацион растительных масел, обогащенных омега-3 полиненасыщенными жирными кислотами, особенно рапсового масла, у пациентов с артериальной гипертензией на фоне избыточной массы тела оказывает клинически значимый антиатерогенный эффект и может быть рекомендовано в практике профилактического питания.

Благодарности. Данное исследование проводилось в рамках выполнения отдельного проекта фундаментальных и прикладных научных исследований Национальной академии наук Беларуси по теме «Разработка научно обоснованных рекомендаций по питанию различных групп населения на основе масложировых продуктов профилактического действия с использованием рапсового масла» (договор № 19-21/2021-31-341 от 11.11.2021, № ГР 20214026).

Acknowledgements. This study was conducted as part of a separate project of fundamental and applied scientific research of the National Academy of Sciences of Belarus on the topic “Development of scientifically based recommendations on nutrition of various population groups based on fat-and-oil products of preventive action using rapeseed oil” (Agreement No. 19-21/2021-31-341 dated 11 November 2021, No. of State Registration 20214026).

Список используемых источников

1. Calder, P. C. Polyunsaturated fatty acids and inflammation / P. C. Calder // Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids. – 2006. – Vol. 75, № 3. – P. 197–202. <https://doi.org/10.1016/j.plefa.2006.05.012>
2. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: rep. of a joint WHO/FAO expert consultation / World Health Organization. – Geneva: WHO, 2003. – 149 p. – (WHO technical report series; 916).
3. Mozaffarian, D. Quantitative effects on cardiovascular risk factors and coronary heart disease risk of replacing partially hydrogenated vegetable oils with other fats and oils / D. Mozaffarian, R. Clarke // European Journal of Clinical Nutrition. – 2009. – Vol. 63, suppl. 2. – P. S22–S33. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602976>
4. REPLACE trans fat: an action package to eliminate industrially-produced trans-fat from the global food supply: trans fat free by 2023 / World Health Organization. – Geneva: WHO, 2018. – 1 p.
5. Simopoulos, A. P. The importance of the omega-6/omega-3 ratio / A. P. Simopoulos // Biomedicine & Pharmacotherapy. – 2002. – Vol. 56, № 8. – P. 365–379. [https://doi.org/10.1016/S0753-3322\(02\)00253-6](https://doi.org/10.1016/S0753-3322(02)00253-6)
6. Candela, C. G. Importance of a balanced omega 6/omega 3 ratio for the maintenance of health. Nutritional recommendations / C. G. Candela, L. M. B. Lopez, V. L. Kohen // Nutrición Hospitalaria. – 2011. – Vol. 26, № 2. – P. 323–329. <https://doi.org/10.3305/nh.2011.26.2.5117>
7. Blood levels of long-chain n-3 fatty acids and the risk of sudden death / C. M. Albert, H. Campos, M. J. Stampfer [et al.] // The New England Journal of Medicine. – 2002. – Vol. 346, № 15. – P. 1113–1118. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa012918>
8. Dietary supplementation with n-3 polyunsaturated fatty acids and vitamin E after myocardial infarction: results of the GISSI-Prevenzione trial // Lancet. – 1999. – Vol. 354, № 9177. – P. 447–455. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(99\)07072-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(99)07072-5)
9. Omega-3 polyunsaturated fatty acids supplementation and cardiovascular outcomes: do formulation, dosage, and baseline cardiovascular risk matter? An updated meta-analysis of randomized controlled trials / M. Casula, E. Olmastroni, M. Gazzotti [et al.] // Pharmacological Research. – 2020. – Vol. 160. – Art. 105060. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2020.105060>
10. Miller, P. E. Long-chain omega-3 fatty acids eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid and blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trial / P. E. Miller, M. Van Elswyk, D. D. Alexander // American Journal of Hypertension. – 2014. – Vol. 27, № 7. – P. 885–896. <https://doi.org/10.1093/ajh/hpu024>

11. Simopoulos, A. P. An increase in the omega-6/omega-3 fatty acid ratio increases the risk for obesity / A. P. Simopoulos // *Nutrients*. – 2016. – Vol. 8, № 3. – Art. 128. <https://doi.org/10.3390/nu8030128>
12. Пищевые жирные кислоты. Влияние на риск болезней системы кровообращения / Н. В. Перова, В. А. Метельская, Е. И. Соколов [и др.] // *Рациональная фармакотерапия в кардиологии*. – 2011. – Т. 7, № 5. – С. 620–627. <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2011-7-5-620-627>
13. Субботина, М. А. Физиологические аспекты использования жиров в питании / М. А. Субботина // *Техника и технология пищевых производств*. – 2009. – № 4 (15). – С. 54–57.
14. Растительные масла – функциональные продукты питания / И. В. Долголюк, Л. В. Терещук, М. А. Трубникова, К. В. Старовойтова // *Техника и технология пищевых производств*. – 2014. – № 2 (33). – С. 122–125.
15. Effect of a low-glycemic index or a high-cereal fiber diet on type 2 diabetes: a randomized trial / D. J. Jenkins, C. W. Kendall, G. McKeown-Eyssen [et al.] // *JAMA*. – 2008. – Vol. 300, № 23. – P. 2742–2753. <https://doi.org/10.1001/jama.2008.808>
16. Современное состояние производства рапса и рапсового масла в Республике Беларусь / Н. Г. Королевич, И. А. Оганезов, Л. К. Ловкис, А. В. Буга // *Агропанорама*. – 2024. – № 4. – С. 36–42.
17. Республика Беларусь: стат. ежегодник / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь; редкол.: И. В. Медведева [и др.]. – Минск: Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, 2024. – 317 с.
18. Inflammatory markers, lipoprotein components and risk of major cardiovascular events in 65,005 men and women in the Apolipoprotein Mortality Risk study (AMORIS) / I. Holme, A. H. Aastveit, N. Hammar [et al.] // *Atherosclerosis*. – 2010. – Vol. 213, № 1. – P. 299–305. <http://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2010.08.049>

References

1. Calder P. C. Polyunsaturated fatty acids and inflammation. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 2006, vol. 75, no. 3, pp. 197–202. <https://doi.org/10.1016/j.plefa.2006.05.012>
2. World Health Organization. *Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO expert consultation. WHO Technical Report Series, no. 916*. Geneva, WHO, 2003. 149 p.
3. Mozaffarian D., Clarke R. Quantitative effects on cardiovascular risk factors and coronary heart disease risk of replacing partially hydrogenated vegetable oils with other fats and oils. *European Journal of Clinical Nutrition*, 2009, vol. 63, suppl. 2, pp. S22–S33. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602976>
4. World Health Organization. *REPLACE trans fat: an action package to eliminate industrially-produced trans-fat from the global food supply: trans fat free by 2023*. Geneva: WHO, 2018. 1 p.
5. Simopoulos A. P. The importance of the omega-6/omega-3 ratio. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 2002, vol. 56, no. 8, pp. 365–379. [https://doi.org/10.1016/S0753-3322\(02\)00253-6](https://doi.org/10.1016/S0753-3322(02)00253-6)
6. Candela C. G., Lopez L. M. B., Kohen V. L. Importance of a balanced omega 6/omega 3 ratio for the maintenance of health. Nutritional recommendations. *Nutrición Hospitalaria*, 2011, vol. 26, no. 2, pp. 323–329. <https://doi.org/10.3305/nh.2011.26.2.5117>
7. Albert C. M., Campos H., Stampfer M. J., Ridker P. M., Manson J. E., Willett W. C., Ma J. Blood levels of long-chain n-3 fatty acids and the risk of sudden death. *The New England Journal of Medicine*, 2002, vol. 346, no. 15, pp. 1113–1118. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa012918>
8. GISSI-Prevenzione Investigators. Dietary supplementation with n-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](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(99)07072-5)
9. Casula M., Olmastroni E., Gazzotti M., Galimberti F., Zambon A., Catapano A. L. Omega-3 polyunsaturated fatty acids supplementation and cardiovascular outcomes: do formulation, dosage, and baseline cardiovascular risk matter? An updated meta-analysis of randomized controlled trials. *Pharmacological Research*, 2020, vol. 160, art. 105060. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2020.105060>
10. Miller P. E., Van Elswyk M., Alexander D. D. Long-chain omega-3 fatty acids eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid and blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trials. *American Journal of Hypertension*, 2014, vol. 27, no. 7, pp. 885–896. <https://doi.org/10.1093/ajh/hpu024>
11. Simopoulos A. P. An increase in the omega-6/omega-3 fatty acid ratio increases the risk for obesity. *Nutrients*, 2016, vol. 8, no. 3, art. 128. <https://doi.org/10.3390/nu8030128>
12. Perova N. V., Metel'skaya V. A., Sokolov E. I., Shchukina G. N., Fomina V. M. Dietary fatty acids. Effects on the risk of cardiovascular diseases. *Ratsional'naya farmakoterapiya v kardiologii = Rational Pharmacotherapy in Cardiology*, 2011, vol. 7, no. 5, pp. 620–627 (in Russian). <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2011-7-5-620-627>
13. Subbotina M. A. Physiological aspects of the use of fats in the nourishment. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv = Food Processing: Techniques and Technology*, 2009, no. 4 (15), pp. 54–57 (in Russian).
14. Dolgoluk I. V., Terechuk L. V., Trubnikova M. A., Starovojtova K. V. Vegetable oils as functional foods. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv = Food Processing: Techniques and Technology*, 2014, no. 2 (33), pp. 122–125 (in Russian).
15. Jenkins D. J., Kendall C. W., McKeown-Eyssen G., Josse R. G., Silverberg J., Booth G. L. [et al.]. Effect of a low-glycemic index or a high-cereal fiber diet on type 2 diabetes: a randomized trial. *JAMA*, 2008, vol. 300, no. 23, pp. 2742–2753. <https://doi.org/10.1001/jama.2008.808>
16. Korolevich N. G., Oganезov I. A., Lovkis L. K., Buga A. V. Current state of rapeseed and rapeseed oil production in the Republic of Belarus. *Agropanorama*, 2024, no. 4, pp. 36–42 (in Russian).

17. *Republic of Belarus: statistical yearbook*. Minsk, National Statistical Committee of the Republic of Belarus, 2024. 317 p. (in Russian).

18. Holme I., Aastveit A. H., Hammar N., Jungner I., Walldius G. Inflammatory markers, lipoprotein components and risk of major cardiovascular events in 65,005 men and women in the Apolipoprotein MOrtality RiSk study (AMORIS). *Atherosclerosis*, 2010, vol. 213, no. 1, pp. 299–305. <http://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2010.08.049>

Информация об авторах

Почицкая Ирина Михайловна – доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник – заведующий сектором комплексных научных исследований питания республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию (ул. Козлова, 29, 220037, Минск, Республика Беларусь). E-mail: pochitskaj@yandex.ru

Журня Анна Александровна – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник сектора комплексных научных исследований питания республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию (ул. Козлова, 29, 220037, Минск, Республика Беларусь). E-mail: otpit@tut.by

Окулова Татьяна Витальевна – научный сотрудник сектора комплексных научных исследований питания республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию (ул. Козлова, 29, 220037, Минск, Республика Беларусь). E-mail: otpit@tut.by

Черняк Сергей Викторович – научный сотрудник лаборатории артериальной гипертензии, Республиканский научно-практический центр «Кардиология» (ул. Розы Люксембург, 110б, 220036, Минск, Республика Беларусь). E-mail: lapydus@yandex.by

Information about the authors

Iryna M. Pochitskaya – Dr. Sc. (Engineering), Associate Professor, Chief Researcher – Head of the Sector for Comprehensive Scientific Research on Nutrition at the Republican Control and Testing Complex for Food Product Quality and Safety, Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food (29, Kozlov St., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: pochitskaj@yandex.ru

Hanna A. Zhurnia – Ph. D. (Engineering), Leading Researcher of the Sector for Comprehensive Scientific Research on Nutrition at the Republican Control and Testing Complex for Food Product Quality and Safety, Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food (29, Kozlov St., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: otpit@tut.by

Tatsiana V. Akulava – Researcher of the Sector for Comprehensive Scientific Research on Nutrition at the Republican Control and Testing Complex for Food Product Quality and Safety, Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food (29, Kozlov St., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: otpit@tut.by

Sergey V. Charnyak – Researcher of the Laboratory of Arterial Hypertension, Republican Scientific and Practical Center “Cardiology” (110b, Roza Luxembourg St., 220036, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lapydus@yandex.by