

ISSN 2071-2243

DOI: 10.53914/issn2071-2243

EDN: ZEHYIS

ВЕСТНИК

Воронежского государственного
аграрного университета

Теоретический
и научно-практический
журнал

Том 19, 1(88) • 2026



ISSN 2071-2243

DOI: 10.53914/issn2071-2243

EDN: ZEHYIS

ВЕСТНИК

ВОРОНЕЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ВОРОНЕЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО
УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ ИМПЕРАТОРА ПЕТРА I

*Публикуются результаты фундаментальных и прикладных
исследований теоретико-методологических и практических
проблем в различных областях науки и практики
(прежде всего применительно к АПК),
предлагаются пути их решения*

Издается с 1998 года

Периодичность – 4 выпуска в год

**Том 19,
выпуск 1(88)**

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2026_1

ВОРОНЕЖ
ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ
2026

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР – **Агибалов А.В.**, заведующий кафедрой
финансов и кредита, доктор экономических наук, профессор

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА – **Запорожцева Л.А.**, министр экономического
развития Воронежской области, профессор, профессор кафедры экономического
анализа, статистики и прикладной математики, доктор экономических наук

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА – **Дерканосова Н.М.**,
проректор по учебной работе, заведующий кафедрой товароведения
и экспертизы товаров, доктор технических наук, профессор

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере
связи, информационных технологий и массовых коммуникаций
(Роскомнадзор), рег. № ПИ № ФС77-73529 от 24 августа 2018 г.

Подписной индекс 45154 объединенного каталога газет и журналов «Пресса России»

**Вестник включен в Перечень рецензируемых научных изданий,
в которых должны быть опубликованы основные научные
результаты диссертаций на соискание ученой степени
кандидата наук, на соискание ученой степени доктора
наук, № 433 по состоянию на 30.03.2026**

**По результатам Итогового распределения журналов, Перечня ВАК,
присвоена категория К1 с 01.01.2024 – № 98, ID 4887**

**Вестник Воронежского государственного аграрного университета
принимает к публикации статьи по следующим научным
специальностям и соответствующим им отраслям науки:**

- 4.1.1.** Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)
(с 01.02.2022);
- 4.1.3.** Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений
(сельскохозяйственные науки) (с 13.10.2022);
- 4.1.3.** Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений
(биологические науки) (с 13.10.2022);
- 4.1.4.** Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры
(сельскохозяйственные науки) (с 13.10.2022);
- 4.1.5.** Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика (сельскохозяйственные науки)
(с 13.10.2022);
- 4.3.1.** Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса
(технические науки) (с 13.10.2022);
- 4.3.2.** Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение
агропромышленного комплекса (технические науки) (с 13.10.2022);
- 5.2.3.** Региональная и отраслевая экономика (экономические науки) (с 13.10.2022);
- 5.2.4.** Финансы (экономические науки) (с 01.02.2022).

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Григорьева Людмила Викторовна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, старший научный сотрудник, заслуженный работник сельского хозяйства Российской Федерации, директор Института фундаментальных и прикладных агробиотехнологий имени И.В. Мичурина ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет».

Девятова Татьяна Анатольевна, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и земельных ресурсов ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет».

Дедов Анатолий Владимирович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры земледелия и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Илларионов Александр Иванович, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры земледелия и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Князев Сергей Дмитриевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор, главный научный сотрудник лаборатории селекции ягодных культур ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур».

Коржов Сергей Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры земледелия и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Минакова Ольга Александровна, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией агроэкологических исследований свекловичных агроценозов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара имени А.Л. Мазлумова».

Мязин Николай Георгиевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Ноздрачева Раиса Григорьевна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой плодоводства и овощеводства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Образцов Владимир Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой растениеводства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Афоничев Дмитрий Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электротехники и автоматики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Ахмадов Бахромджон Раджабович, доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе, Таджикский аграрный университет имени Шириншо Шотемура.

Беляев Александр Николаевич, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой прикладной механики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Виноградов Александр Владимирович, доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории электроснабжения и теплообеспечения ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ».

Гордеев Александр Сергеевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры агроинженерии и электроэнергетики Инженерного института ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет».

Гулевский Вячеслав Анатольевич, доктор технических наук, доцент, директор ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (Воронежская область).

Завражнов Анатолий Иванович, доктор технических наук, академик РАН, профессор, главный научный сотрудник, профессор кафедры технологических процессов и техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет».

Оробинский Владимир Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей, декан агроинженерного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Остриков Валерий Васильевич, доктор технических наук, профессор, и. о. директора ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве».

Закшевский Василий Георгиевич, доктор экономических наук, академик Российской академии наук, профессор, почетный работник агропромышленного комплекса России, руководитель Научно-исследовательского института экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-Черноземного района – филиала ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева».

Исмураев Сабит Борисович, доктор экономических наук, профессор, академик Казахской академии сельскохозяйственных наук, президент Костанайского инженерно-экономического университета им. М. Дулатова.

Пронская Ольга Николаевна, доктор экономических наук, доцент, декан инженерной школы (факультета) ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет».

Радованович Лазар, доктор, профессор, декан экономического факультета Брчко, Восточно-Сараевский Университет.

Родионова Ольга Анатольевна, доктор экономических наук, профессор, заместитель директора по научной работе Всероссийского научно-исследовательского института организации производства, труда и управления в сельском хозяйстве – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий – Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства».

Смылова Ольга Юрьевна, доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры менеджмента и общегуманитарных дисциплин ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации».

Чиркова Мария Борисовна, доктор экономических наук, профессор, научный сотрудник лаборатории финансового менеджмента ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ – **Н.М. Грибанова**

Электронная версия и требования к статьям размещены на сайте <http://vestnik.vsau.ru>

Электронная версия журнала в формате XML/XML+PDF размещена на сайте Научной электронной библиотеки (НЭБ) <http://elibrary.ru>

Журнал включен в библиографическую базу данных научных публикаций российских ученых и Российский индекс научного цитирования статей (РИНЦ), Список RSCI на платформе Web of Science, а также базу данных Международной информационной системы по сельскому хозяйству и смежным с ним отраслям (AGRIS)

ISSN 2071-2243

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается

Учредитель: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ
Почтовый адрес: 394087, г. Воронеж, ул. Мичурина, 1
Тел.: +7(473) 253-81-68
E-mail: vestnik@srd.vsau.ru

© ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2026

ISSN 2071-2243

DOI: 10.53914/issn2071-2243

EDN: ZEHYIS

VESTNIK

OF VORONEZH STATE AGRARIAN UNIVERSITY

THEORETICAL AND RESEARCH & PRACTICE JOURNAL
OF VORONEZH STATE AGRARIAN UNIVERSITY
NAMED AFTER EMPEROR PETER THE GREAT

*Results of fundamental and applied researches of conceptual, methodological
and experimental issues in different spheres of science and practice
(preferably related to the Agro-Industrial Complex),
ways of solution are published in the journal*

Published since 1998
Periodicity – 4 issues per year

**Volume 19,
Issue 1(88)**

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2026_1

VORONEZH
Voronezh SAU
2026

EDITOR-IN-CHIEF – **Agibalov A.V.**, Head of the Department
of Finance and Credit, Doctor of Economic Sciences, Professor

DEPUTY CHIEF EDITOR – **Zaporozhtseva L.A.**, Minister of Economic Development
of Voronezh Oblast, Full Professor, Professor at the Department of Economic Analysis,
Statistics and Applied Mathematics, Doctor of Economic Sciences

DEPUTY CHIEF EDITOR – **N.M. Derkanosova**, Vice-Rector for Academic Affairs,
Head of the Department of Merchandizing and Expert Examination of Goods,
Doctor of Engineering Sciences, Professor

The journal is registered by the Federal Service for Supervision
of Communications, Information Technology and Mass Media (Roskomnadzor),
the Mass Media Registration Certificate ПИ № ФС 77-73529 as of August 24, 2018

Subscription index of the United Catalogue of Periodicals 'Pressa Rossii' No. 45154

**Vestnik is included in the List of Peer-Reviewed Scientific Periodicals
recommended for publishing the major research results of dissertations
for candidate and doctorate degrees (No. 433 as of March 30, 2026)**

**According to Peer-Reviewed Scientific Periodicals ranking Vestnik
was assigned K1 category (No. 98 in Recordholding as of January 01, 2024)**

**Vestnik of Voronezh State Agrarian University accepts
for publication articles on the following scientific
specialties and corresponding branches of study:**

- 4.1.1.** General Soil Management and Crop Science (Agricultural Sciences)
(from 01.02.2022);
- 4.1.3.** Agricultural Chemistry, Agronomic Soil Science, Plant Protection and Quarantine
(Agricultural Sciences) (from 13.10.2022);
- 4.1.3.** Agricultural Chemistry, Agronomic Soil Science, Plant Protection and Quarantine
(Biological Sciences) (from 13.10.2022);
- 4.1.4.** Horticulture, Olericulture, Viticulture and Medicinal Plants (Agricultural Sciences)
(from 13.10.2022);
- 4.1.5.** Land Reclamation, Water Management and Agricultural Physics (Agricultural Sciences)
(from 13.10.2022);
- 4.3.1.** Technologies, Machinery and Equipment for Agro-Industrial Complex (Engineering
Sciences) (from 13.10.2022);
- 4.3.2.** Electrotechnics, Electrical Equipment and Electrical Power Supply for Agro-Industrial
Complex (Engineering Sciences) (from 13.10.2022);
- 5.2.3.** Regional and Sectoral Economics (Economic Sciences) (from 13.10.2022);
- 5.2.4.** Finance (Economic Sciences) (from 01.02.2022).

EDITORIAL BOARD

Lyudmila V. Grigorieva, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor, Senior Research Scientist, Honored Worker of Agricultural Industry of the Russian Federation, Director of the Institute of Fundamental and Applied Agrobiotechnologies named after I.V. Michurin, Michurinsk State Agrarian University.

Tatyana A. Devjatova, Doctor of Biological Sciences, Full Professor, Head of the Department of Ecology and Land Resources, Voronezh State University.

Anatoliy V. Dedov, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor, Professor at the Department of Soil Management and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Aleksandr I. Illarionov, Doctor of Biological Sciences, Full Professor, Professor at the Department of Soil Management and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Sergey D. Knyazev, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor, Director, Chief Research Scientist of Berry Plants Breeding Laboratory, All-Russian Research Institute of Horticultural Plant Breeding.

Sergey I. Korzhov, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor, Professor at the Department of Soil Management and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Olga A. Minakova, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Research Scientist, Head of the Laboratory of Agroecological Studies of Sugar Beet-Root Agroecosystem, All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar named after A.L. Mazlumov.

Nikolay G. Myazin, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor, Professor at the Department of Agricultural Chemistry, Soil Science and Agroecology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Raisa G. Nozdracheva, Doctor of Agricultural Sciences, Docent, Head of the Department of Fruit and Vegetable Growing, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Vladimir N. Obraztsov, Doctor of Agricultural Sciences, Docent, Head of the Department of Crop Science, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Dmitriy N. Afonichev, Doctor of Engineering Sciences, Full Professor, Head of the Department of Electrical Engineering and Automation, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Bakhromdzhon R. Akhmadov, Doctor of Engineering Sciences, Full Professor, Vice-Rector for Research, Tajik Agrarian University named Shirinsho Shotemur.

Aleksandr N. Belyaev, Doctor of Engineering Sciences, Docent, Head of the Department of Applied Mechanics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Aleksandr V. Vinogradov, Doctor of Engineering Sciences, Docent, Chief Research Scientist of Power Supply and Heat Exchange Laboratory, Federal Scientific Agroengineering Center VIM.

Aleksandr S. Gordeev, Doctor of Engineering Sciences, Full Professor, Professor at the Department of Agricultural Engineering and Electroenergetics, Institute of Engineering, Michurinsk State Agrarian University.

Vyacheslav A. Gulevsky, Doctor of Engineering Sciences, Docent, Director, All-Russian Research Institute of Plant Protection (Voronezh Oblast).

Anatoliy I. Zavrashnov, Doctor of Engineering Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences (RAS), Full Professor, Chief Researcher, Professor at the Department of Technological Processes and Technosphere Safety, Michurinsk State Agrarian University.

Vladimir I. Orobinsky, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor, Head of the Department of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Dean of the Faculty of Rural Engineering, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Valery V. Ostrikov, Doctor of Engineering Sciences, Full Professor, Deputy Director, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture.

Vasiliy G. Zakshevski, Doctor of Economic Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences (RAS), Honored Worker of Agro-Industrial Complex of Russia, Full Professor, Chief Executive, Research Institute of Economics and Organization of the Agro-Industrial Complex of the Central Chernozem Region – Branch of Voronezh Federal Agricultural Scientific Centre named after V.V. Dokuchaev.

Sabit B. Ismuratov, Doctor of Economic Sciences, Full Professor, Academician of the Kazakh National Academy of Sciences, President, Kostanay Engineering-Economical University named after M. Dulatov.

Olga N. Pronskaya, Doctor of Economic Sciences, Docent, Dean of Engineering School, Moscow Polytechnic University.

Lazar K. Radovanovich, Doctor, Professor, Dean of the Faculty of Economics – Brčko, University of East Sarajevo.

Olga A. Rodionova, Doctor of Economic Sciences, Full Professor, Deputy Director for Science, All-Russian Scientific Research Institute of the Organization of Production, Labor and Management in Agriculture – Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Research Center of Agrarian Economy and Social Development of Rural Areas – All-Russian Research Institute of Agricultural Economics”.

Olga Yu. Smyslova, Doctor of Economic Sciences, Docent, Professor at the Department of Management and General Humanitarian Disciplines, Financial University under the Government of the Russian Federation.

Mariya B. Chirkova, Doctor of Economic Sciences, Full Professor, Research Scientist of Financial Management Laboratory, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

EXECUTIVE SECRETARY – **N.M. Gribanova**

Electronic version and requirements for publishing
scientific articles are available at <http://vestnik.vsau.ru>

Electronic version of the journal in XML/XML+PDF format
is available on the site of eLIBRARY.RU at <http://elibrary.ru>

The journal is included in the bibliographic database of Scientific Publications of Russian Authors and of the Information about Citing These Publications, i.e. Russian Science Citation Index (RINTS), in the List of Russian Science Citation Index database (RSCI) on the Web of Science platform, as well as in the database of the International System for Agricultural Science and Technology (AGRIS)

ISSN 2071-2243

No fee is charged from postgraduate students for publications

Founder: Voronezh SAU

Address: 1 Michurin street, Voronezh, 394087, Russia
Tel. number: +7(473) 253-81-68
E-mail: vestnik@srd.vsau.ru

© Voronezh SAU, 2026

ВЕСТНИК

ВОРОНЕЖСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА



Основан в 1998 г.
Выходит 4 раза в год

СОДЕРЖАНИЕ CONTENTS

4.1.1. ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО (СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ) 4.1.1. GENERAL SOIL MANAGEMENT AND CROP SCIENCE (AGRICULTURAL SCIENCES)

- Образцов В.Н., Кадыров С.В., Подлесных Н.В., Некрасова Т.П., Задорожная В.А.**
Морфологические и биологические особенности и свойства гибридных растений
фестулолиума различных типов
Obraztsov V.N., Kadyrov S.V., Podlesnykh N.V., Nekrasova T.P., Zadorozhnaya V.A.
Morphological and biological characteristics and properties of *Festulolium* hybrid plantings of different types 12
- Савенков В.П., Кузьмина Е.Ю.**
Влияние способов уборки на сбор семян и экономическую эффективность
возделывания редьки масличной
Savenkov V.P., Kuzmina E.Yu.
Influence of harvesting methods on seed yield and economic effectiveness of oil radish cultivation 19
- Образцов В.Н., Кадыров С.В., Задорожная В.А., Некрасова Т.П., Подлесных Н.В., Диби М.У.**
Технология возделывания фестулолиума на семена в условиях лесостепи Центрального Черноземья
Obraztsov V.N., Kadyrov S.V., Zadorozhnaya V.A., Nekrasova T.P., Podlesnykh N.V., Diby M.U.
Technology of *Festulolium* cultivation for seeds in the forest steppe of the Central Chernozem Region 26

4.1.3. АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗАЩИТА И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ (СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ) 4.1.3. AGRICULTURAL CHEMISTRY, AGRONOMIC SOIL SCIENCE, PROTECTION AND QUARANTINE OF PLANTS (AGRICULTURAL SCIENCES)

- Тютин Е.Ю., Мелькумова Е.А., Голубцов Д.Н., Клишкин А.Ф.**
Действие фунгицидов на микозы и сосущих вредителей озимой пшеницы
в условиях лесостепной зоны ЦЧР и меры защиты от них
Tyutina E.Yu., Melkumova E.A., Golubtsov D.N., Klimkin A.F.
Fungicidal effect on winter wheat mycoses and sucking pests in the conditions of the
forest-steppe of the Central Chernozem Region and preventive protection measures 33
- Гасратова Н.А., Якушева О.И.**
Обоснование метода выбора стратегии фунгицидной защиты картофеля от фитофтороза
Gasratova N.A., Yakusheva O.I.
Substantiation of the method of choosing a strategy for fungicidal protection of potato against late blight 43

4.1.3. АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗАЩИТА И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ (БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ) 4.1.3. AGRICULTURAL CHEMISTRY, AGRONOMIC SOIL SCIENCE, PROTECTION AND QUARANTINE OF PLANTS (BIOLOGICAL SCIENCES)

- Трошкова А.А., Яремко А.Б., Игнатов А.Н., Кононова Е.П., Словарева О.Ю.**
Сравнительный анализ условий заражения пшеницы и кукурузы возбудителем
бактериальной полосатости и ожога листьев злаков *Acidovorax avenae* subsp. *avenae*
и оценка пригодности методов изоляции чистой культуры патогена
Troshkova A.A., Iaremko A.B., Ignatov A.N., Kononova E.P., Slovareva O.Yu.
Comparative analysis of conditions for infection of wheat and corn with bacterial leaf
stripe, *Acidovorax avenae* subsp. *avenae*, and assessing the suitability of methods for
isolating pure pathogen culture 51

4.1.4. САДОВОДСТВО, ОВОЩЕВОДСТВО, ВИНОГРАДАРСТВО И
ЛЕКАРСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ (СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)
4.1.4. HORTICULTURE, OLERICULTURE, VITICULTURE
AND MEDICINAL PLANTS (AGRICULTURAL SCIENCES)

Адрицкая Н.А., Гейбатов М.Р.

Урожайность и качество микрозелени овощных культур
при выращивании в регулируемых условиях микроклимата

Adritskaya N.A., Geybatov M.R.

Yield and quality of microgreens of vegetable crops while cultivating under controlled microclimate conditions 66

4.1.5. МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)
4.1.5. LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT
AND AGRICULTURAL PHYSICS (AGRICULTURAL SCIENCES)

Куликов Ю.А., Куликова Е.В.

Цифровая мультиспектральная съемка для оценки гидрологических условий
пойменных кормовых угодий Центрального Черноземья

Kulikov Yu.A., Kulikova E.V.

Digital multispectral survey for assessing hydrological conditions of floodplain forage lands
of the Central Chernozem Region 76

4.3.1. ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)
4.3.1. TECHNOLOGIES, MACHINERY AND EQUIPMENT
FOR AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX (ENGINEERING SCIENCES)

Гиевский В.А., Оробинский В.И., Гиевский А.М.

Обоснование режима работы сеяноочистительного отделения в составе поточной линии
при подготовке семян озимой пшеницы на семенные цели

Gievsky V.A., Orobinsky V.I., Gievsky A.M.

Justification of the operating mode of the seed cleaning unit as part of the production line
for winter wheat seeds preparation intended for seed purposes 84

Беляев А.Н., Афоничев Д.Н., Мухин А.М., Пиляев В.С.

Аналитическая оценка влияния углового положения бокового рычага рулевой трапеции
на кинематику поворота колесной машины

Belyaev A.N., Afonichev D.N., Mukhin A.M., Pilyaev V.S.

Analytical evaluation of the angular position of the steering linkage side arm impact
on the kinematics of a wheeled vehicle's turning 96

Сенькевич С.Е., Годжаев З.А., Ильченко Е.Н., Алексеев И.С.

Определение динамических характеристик крутильных колебаний многомассовой
системы трактора тягового класса 0,6

Senkevich S.E., Godzhaev Z.A., Ilchenko E.N., Alekseev I.S.

Determination of the dynamic characteristics torsional vibrations of a multi-mass
tractor system of 0.6 drawbar category 108

Платонов А.А., Гнусов М.А.

Современные технологии и технические средства сгребания и сбора порубочных остатков
при восстановлении защитных лесополос

Platonov A.A., Gnusov M.A.

Modern technologies and technical means for raking and collecting logging residues during
field-protective forest belts restoration 124

5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА
(ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)
5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS
(ECONOMIC SCIENCES)

Каруна Д.С., Меренкова И.Н.

Инфраструктурное обеспечение сельских территорий в контексте их
пространственного развития: проблемы и пути решения

Karuna D.S., Merenkova I.N.

Infrastructural support of rural areas in the context of their spatial development:
problems and solution 134

Лотков И.А.

Обоснование пространственно-типологического подхода к государственной поддержке развития сельских территорий Воронежской области

Lotkov I.A.

Justification of a spatial and typological approach to state support for rural areas development of Voronezh Oblast..... 144

Богачев С.В., Хоружий В.И., Гурнак А.В.

Формирование муниципальных флагманских проектов на территории сельских агломераций: финансовый аспект

Bogachev S.V., Khoruzhiy V.I., Gurnak A.V.

Formation of Municipal Flagship Projects in rural agglomerations: financial aspects 152

Сурай Н.М., Удовик Е.Э., Хашир Б.О., Терехова А.А.

Анализ современного состояния отрасли птицеводства Белгородской области

Suray N.M., Udovik E.E., Khashir B.O., Terekhova A.A.

Analysis of the current state of the poultry industry in Belgorod Oblast..... 166

Стрыгина И.Е.

Специфика использования материалов инвентаризации в финансово-контрольной и экспертно-экономической деятельности

Strygina I.E.

Specifics of using inventory survey data in financial & economic activities and in examination & expertise 180

5.2.3. ФИНАНСЫ (ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

5.2.3. FINANCE (ECONOMIC SCIENCES)

Агибалов А.В., Толстолицкий Р.О.

Совершенствование депозитной политики коммерческого банка

Agibalov A.V., Tolstolitsky R.O.

Improving the deposit policy of a commercial bank..... 190

Брянцева Л.В., Сапрыкина И.А., Бичева Е.Е.

К вопросу об определении видов объектов налогообложения

Bryantseva L.V., Saprykina I.A., Bicheva E.E.

More on the issue of determining the types of taxable objects 201

НАУЧНАЯ ЖИЗНЬ SCIENTIFIC ACTIVITIES

Советы по защите докторских и кандидатских диссертаций, созданные на базе Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I

Doctoral and Candidate Science-Degree Councils Formed on the Basis of Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.....219

Информация для авторов

Information for the authors220

4.1.1. ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 633.28:581.4

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2026_1_12

EDN: ACFFOF

**Морфологические и биологические особенности и свойства
гибридных растений фестулолиума различных типов**

**Владимир Николаевич Образцов^{1✉}, Сабир Вагидович Кадыров²,
Надежда Владимировна Подлесных³, Татьяна Павловна Некрасова⁴,
Валентина Алексеевна Задорожная⁵**

^{1, 2, 3, 4, 5} Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
Воронеж, Россия,

¹ ovennn@mail.ru✉

Аннотация. Фестулолиум является перспективной культурой для создания устойчивого производства кормов в разнообразных агроклиматических условиях. В настоящее время в Государственном реестре селекционных достижений Российской Федерации зарегистрировано 25 сортов фестулолиума. Цель проведенного исследования заключалась в изучении морфологических и биологических особенностей и свойств различных типов фестулолиума, одновременно сочетающих в себе признаки двух своих родительских форм – овсяницы и райграса. В зависимости от пloidности, фестулолиумы наследуют морфологические черты либо овсяницы тростниковой (гексаплоидные формы), либо райграса пастбищного или многоцветкового (тетраплоидные формы). Фестулолиумы овсяницевого сортотипа характеризуются прямостоячим типом куста, свернутым листосложением и мощной корневой системой, отличаются высокой засухоустойчивостью, способны адаптироваться к различным почвенным условиям (но предпочитают плодородные и влажные почвы), используются в сенокосно-пастбищных целях, так как обладают высокой кормовой ценностью и долголетием травостоя (до 6–8 лет). Фестулолиумы райграсового сортотипа имеют раскидистый тип куста, узкие листья, характеризуются высокой требовательностью к почвенным условиям, теплолюбивы, отличаются высокой продуктивностью при оптимальной влагообеспеченности, высокой устойчивостью к стрессовым факторам и болезням, используются в бобово-злаковых травосмесях как замена райграса пастбищного и способны сохраняться в травостое до 4–6 лет. Для реализации потенциала этой культуры необходима разработка научных подходов к ее возделыванию как для получения семян, так и для кормовых целей, включая использование в смесях с бобовыми многолетними травами для повышения питательной ценности кормов и их поедаемости сельскохозяйственными животными.

Ключевые слова: фестулолиум, сорта, морфологические и биологические особенности, продуктивность, кормовые качества, многолетние злаковые травы

Для цитирования: Образцов В.Н., Кадыров С.В., Подлесных Н.В., Некрасова Т.П., Задорожная В.А. Морфологические и биологические особенности и свойства гибридных растений фестулолиума различных типов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, № 1(88). С. 12–18. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_12–18.

4.1.1. GENERAL SOIL MANAGEMENT AND CROP SCIENCE
(AGRICULTURAL SCIENCES)

Original article

**Morphological and biological characteristics and properties
of *Festulolium* hybrid plantings of different types**

**Vladimir N. Obratsov^{1✉}, Sabir V. Kadyrov², Nadezhda V. Podlesnykh³,
Tatiana P. Nekrasova⁴, Valentina A. Zadorozhnaya⁵**

^{1, 2, 3, 4, 5} Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Voronezh, Russia

¹ ovennn@mail.ru✉

Abstract. *Festulolium* is a promising crop for creating sustainable forage production in various agro-climatic conditions. Currently, 25 varieties of *Festulolium* are registered in the State Register of Varieties and Hybrids of Agricultural Crops Authorized for Use for Production Purposes on the territory of the Russian Federation. The purpose of the investigation was to study morphological and biological characteristics and properties of hybrid plants of various types of *Festulolium* that simultaneously combine the characteristics of their two parent forms, i.e. *Festuca* and *Lolium*. Depending on the ploidy, *Festulolium* inherit morphological features of either reed fescue (*Festuca*

arundinacea, hexaploid forms) or perennial ryegrass (*Lolium perenne*) or annual ryegrass (*Lolium multiflorum*) (tetraploid forms). Hybrid plants of the fescue variety type are characterized by an erect habit, rolled-up convolution and a powerful root system. They are highly drought-resistant, are able to adapt to various soil conditions (but prefer fertile and moist soils). The varieties of this type are used for haymaking and pasture purposes, as have high forage value and permanent grass stand up to 6-8 years. Hybrid plants of the ryegrass type have a sprawling bush type, narrow leaves, and are characterized by high demands on soil conditions. They are thermophilous and hydrophilous, are distinguished by high productivity with optimal moisture supply and have high resistance to stress factors and diseases. These hybrids are used in vetch-grass mixtures as a replacement for pasture ryegrass, and are able to persist in the grass stand up to 4-6 years. To realize the potential of this crop, it is necessary to develop scientific approaches to its cultivation, both for obtaining seeds and for forage purposes, including their use in mixtures with legume perennial grasses to increase the nutritional value and palatability.

Keywords: *Festulolium*, variety, morphological and biological features, productivity, forage qualities, perennial grasses

For citation: Obraztsov V.N., Kadyrov S.V., Podlesnykh N.V., Nekrasova T.P., Zadorozhnaya V.A. Morphological and biological characteristics and properties of *Festulolium* hybrid plantings of different types. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(1):12-18. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_12-18.

Фестулолиум ($\times$ *Festulolium* F. Aschers. et Graebn.) – это искусственно созданный гибрид, полученный путем скрещивания представителей двух родов злаковых многолетних трав: овсяницы (*Festuca* L.) и райграса (*Lolium* L.).

Основная цель создания фестулолиума – объединить лучшие качества родительских видов: засухоустойчивость и долговечность овсяницы с высокой питательностью и быстрым ростом райграса. Эта культура стала важным компонентом современных систем производства высококачественных кормов, особенно в условиях изменяющегося климата и необходимости повышения устойчивости сельского хозяйства.

Основными преимуществами фестулолиума являются:

- 1) универсальность – подходит как для сенокосного, так и для пастбищного, а также семеноводческого использования;
- 2) высокая продуктивность – урожайность его зеленой массы и семян с единицы площади превышают аналогичные показатели родительских видов;
- 3) адаптивность – способен расти на различных типах почв, включая кислые и бедные питательными веществами;
- 4) устойчивость к стрессам – растения характеризуются высокой засухоустойчивостью, зимостойкостью и устойчивостью к болезням;
- 5) кормовая ценность – корма на его основе отличаются высоким содержанием белка и сахаров, улучшенной усвояемостью.

Благодаря значительному потенциалу, заложенному в фестулолиуме, в кормопроизводстве он может возделываться в виде монокультуры или в смесях с многолетними бобовыми травами (люцерной, клевером, галегой восточной и др.), обеспечивая повышение питательной ценности и поедаемости кормов. Обладая способностью к быстрому отрастанию и устойчивости к вытаптыванию, он является незаменимым компонентом бобово-злаковых травосмесей при улучшении пастбищ. Длительное время произрастая на одном месте, фестулолиум способствует улучшению структуры почвы и предотвращению ее эрозии.

Фестулолиум широко возделывается в Европе, Северной Америке, Австралии и Новой Зеландии. В Европе лидерами по производству и использованию этой культуры являются Великобритания, Германия, Польша и страны Скандинавии. В России фестулолиум активно внедряется в кормопроизводство, особенно в регионах с нестабильными климатическими условиями, таких как Центральная Россия, Сибирь и Дальний Восток.

Первые попытки гибридизации овсяницы и райграса были предприняты в начале XX века. Однако успешное создание устойчивых гибридов стало возможным только с развитием методов селекции и генетики в середине прошлого века. Первые коммерческие сорта фестулолиума появились в 1960-х годах в Европе, где они быстро завоевали популярность благодаря своей универсальности и высокой продуктивности.

Изначально фестулолиумы создавались для улучшения качества кормовой базы для животноводства. Овсяница, известная своей устойчивостью к засухе и способностью расти на бедных почвах, не обладала достаточной питательной ценностью. Райграс, напротив, отличался высоким содержанием белка и сахаров, но был менее устойчив к стрессовым условиям. Гибридизация позволила объединить эти свойства, создав культуру, способную давать высокие урожаи качественного корма в различных агроклиматических условиях возделывания.

Морфология фестулолиумов зависит от их пloidности:

- гексаплоидные формы наследуют признаки овсяницы тростниковой (*Festuca arundinacea* L.);
- тетраплоидные – райграса пастбищного (*Lolium perenne* L.) или многоцветкового (*Lolium multiflorum* L.) [4, 10, 13].

По состоянию на 01.03.2025 в Государственном реестре селекционных достижений зарегистрировано 25 сортов этой культуры, которые делятся на два сортогруппы: овсяницевый и райграсовый [2].

Сорта овсяницевого типа сочетают морфологические черты *Festuca arundinacea* v. *westerwoldicum* с качественными признаками райграсов. К ним относятся следующие:

- Гипаст;
- Изумрудный;
- Калининградский ВИК;
- Магулена;
- Наос;
- Фелина;
- Фойтан.

Для сортов этого типа характерен прямостоячий куст со свернутым листосложением. Побеги округлые, а пластинки старых листьев обернуты вокруг молодых, создавая эффект скрученности. Листья ланцетные, широкие (15–18 мм), плоские, зеленого или темно-зеленого цвета, с шероховатой поверхностью и выраженным килем. Основания листовых пластинок и ушков хрящеватые, с желтоватым утолщением. Влагалища листьев открытые, гладкие, часто окрашены антоцианом в красно-коричневые оттенки. Язычок заостренный, короткий (до 1 мм), с бахромчатым краем [12, 14]. Растения образуют рыхлые кусты с преобладанием вегетативных побегов и мощной мочковатой корневой системой, проникающей в пахотный горизонт. Корневища короткоползучие, формирующие густые дерновинки.

Соцветие – крупная метелка длиной до 36 см, с одиночными колосками линейно-ланцетной формы (1,5–4,5 см). Каждый колосок содержит 4–12 цветков без остей. Семена крупные (7–10 мм), овально-заостренные, светло-коричневые, слабо осыпаясь [4, 6, 14].

Фестулолиумы овсяницевого типа адаптивны к разнообразным почвам, но максимальную продуктивность демонстрируют на плодородных черноземах, суглинках и глинистых почвах с влажностью от 60 до 80% ПВ (оптимальный уровень грунтовых вод – 40–70 см). Хорошо растут и развиваются при pH 4,5–6,5, известкование кислых почв повышает урожайность и качество корма. Прорастание семян начинается при 5–6 °C, оптимальная температура для роста – 22–26 °C. Растения медленно развиваются на начальных этапах, но устойчивы к затенению. Зимостойкость высокая, стадия яровизации проходит при осенних температурах в фазе 5–7 побегов. Сенокосно-пастбищное использование обеспечивается мощной корневой системой. Обладают засухоустойчивостью. Травостой сохраняется 6–8 лет, кормовая ценность превышает овсяницу тростниковую, но уступает райграсу [1, 6, 10, 13, 17, 20].

Следующие сорта райграсового типа морфологически близки к райграсам:

- Айвенго;
- Аллегро;
- Ахиллес;
- ВИК 90;
- Викнел;
- Дебют;
- Кафес;
- Лофа;
- Мерлин;
- Персеус;
- Перун;
- Пилигрим;
- Синта;
- Удзячны;
- Федоро;
- Фест;
- Хопей;
- Хостин.

У растений этого типа куст раскидистый, побеги сплюснутые, листья узкие (4–6 мм), ярко-зеленые, блестящие. Влагалища округлые, красноватые, с гладкими цельными язычками (до 1 мм). Корневая система мочковатая, поверхностная (глубина до 12 см), формирует ломкую дернину, но обеспечивает быстрое восстановление после повреждений [4, 12, 14]. Соцветие – прямой колос с колосками, прижатыми к стержню. Семена лодкообразные (6–7 мм), светло-коричневые [7, 14].

Гибриды райграсового типа требовательны к плодородию: максимальные урожаи можно получать на черноземах, суглинках и дренированных глинистых почвах (рН 5,6–6,9). Непригодны для использования на песчаных, кислых и переувлажненных почвах. Прорастание начинается при 8–10 °С, всходы появляются через 7–10 дней. При ранневесеннем посеве растения активно кустятся, формируя густой травостой. Зимостойкость (90–98%) повышается при осенней подкормке азотом [5, 7, 11, 16, 17]. Цветение происходит при 10–15 °С и влажности 60–70%. Гибриды влаголюбивы, но не переносят застой воды. Как озимые злаки, они проходят яровизацию при 0–4 °С и обладают высокой конкурентоспособностью в травосмесях [4, 7, 8].

Райграсовые гибриды дают высокий урожай кормовой массы с содержанием сахаров 18–20%. Их используют как замену райграса в травосмесях на 3–6 лет. Устойчивость к болезням и стрессам, а также сохранение травостоя до 4–6 лет делают их ценными для кормопроизводства [1, 3, 7, 9, 10, 15, 16, 18, 19]. Из двадцати пяти зарегистрированных сортов одиннадцать относятся к отечественной селекции:

- Викнел (ФГБНУ «Ставропольский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»);

- Кафес (ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха»);

- Айвенго, Аллегро, ВИК 90, Калининградский ВИК, Пилигрим, Фест (ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса – ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»);

- Дебют, Изумрудный, Синта (ФГБНУ «Уральский Федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» на основе исходного материала межродовых гибридов, полученных во ВНИИ кормов).

Один сорт – Удзячны – зарегистрирован РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству».

Один сорт – Мерлин – зарегистрирован компанией Feldsaaten Freudenberger GmbH & Co. KG – заявитель и оригинатор (Германия), второй оригинатор – Национальный институт сельскохозяйственных исследований Уругвая.

Один сорт – Федоро – зарегистрирован немецкой компанией по селекции растений Deutsche Saatveredelung AG (DSV).

Из общего количества (четырнадцати) зарубежных сортов одиннадцать зарегистрированы транснациональной корпорацией DLF Seeds A/S (Дания): Ахиллес, Гипаст, Лофа, Магулена, Наос, Персеус, Перун, Фелина, Фойтан, Хопей, Хостин [18]. Такая ситуация создает предпосылки для широкомасштабной интервенции зарубежных семян на российский рынок. В связи с постоянно возрастающим интересом и спросом необходимо повышение эффективности семеноводства отечественных сортов.

Селекция фестулолиума направлена на улучшение следующих характеристик:

- устойчивость к стрессам – повышение засухоустойчивости, зимостойкости и устойчивости к болезням;
- питательная ценность – увеличение содержания белка и сахаров, улучшение усвояемости корма;
- продуктивность – повышение урожайности зеленой массы и семян;
- адаптивность – расширение диапазона почвенно-климатических условий, пригодных для возделывания;
- долговечность – увеличение продолжительности жизни травостоя.

Селекционеры также работают над созданием сортов, пригодных для различных типов использования: сенокосного, пастбищного и семеноводческого. Особое внимание уделяется разработке гибридов, способных эффективно конкурировать с другими злаками в травосмесях.

Таким образом, фестулолиум представляет собой уникальный пример успешной гибридизации, объединяющей лучшие качества овсяницы и райграса. Его создание и дальнейшее развитие стали ответом на вызовы современного сельского хозяйства, связанные с необходимостью повышения устойчивости и продуктивности кормовой базы для животноводства. Интеграция этой культуры в полевые севообороты с многолетними бобовыми травами повышает питательную ценность кормов и устойчивость агросистем. Благодаря своим адаптивным свойствам, высокой питательной ценности и универсальности, фестулолиум продолжает завоевывать новые регионы и остается важным элементом устойчивого сельского хозяйства.

Уникальные биологические особенности фестулолиумов необходимо учитывать при разработке специализированных агротехник для его семеноводства и кормопроизводства. Дальнейшие исследования этой перспективной культуры должны быть направлены на оптимизацию агротехнических приемов, выведение новых сортов и расширение географии возделывания для реализации всего потенциала гибридов в современных сельскохозяйственных практиках.

Список источников

1. Васью П.П., Сорока А.В. Формирование пастбищных травостоев в год посева // Производство растениеводческой продукции: резервы снижения затрат и повышения качества: материалы Международной научно-практической конференции (Жодино, 10-11 июля 2008 г.). Жодино: УП «ИВЦ Минфина», 2008. Т. 1. С. 152–155.
2. Государственный реестр сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию [Электронный ресурс] // ФГБУ «Госсорткомиссия». URL: <https://reestr.gossortrf.ru/search/> (дата обращения: 22.03.2025).
3. Евсеева Г.В., Смирнов С.Н., Камова А.И. и др. Фестулолиум (*Festulolium*) – новая кормовая культура в Карелии // Кормопроизводство. 2015. № 6. С. 18–21.

4. Золотарев В.Н. Хозяйственно-биологические характеристики фестулолиума сорта Фест и особенности возделывания // *Адаптивное кормопроизводство*. 2022. № 2. С. 35–48.
5. Кондратов В.В. Разработка агротехнических приемов выращивания и уборки семян фестулолиума в лесостепи ЦЧР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01. Воронеж, 2012. 24 с.
6. Корелина В.А., Батакова О.Б., Шаманин А.А. и др. Кормовые культуры для северного региона России. Архангельск: Архангельский НИИ сельского хозяйства, 2013. 27 с.
7. Кравцов В.В., Кравцов В.А., Надмидов Н.В. Сорт фестулолиума для сенокосов и пастбищ // *Кормопроизводство*. 2013. № 10. С. 19–21.
8. Куликов З.А., Переправо Н.И. Приемы возделывания фестулолиума на семена // *Современные технологии в сельскохозяйственной науке и производстве (посвящается 130-летию со дня рождения А.П. Шехурдина): сборник докладов международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока» (Саратов, 24–25 марта 2016 г.)*. Саратов: ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока», 2016. С. 178–181.
9. Лешко Н.Л. Использование некоторых многолетних злаковых трав в условиях Витебской области // *Молодежь и инновации – 2011: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых (Горки, 2 августа 2011 г.)*. Горки: БГСХА, 2011. Ч. 1. С. 191–193.
10. Лукашов В.Н., Исаков А.Н. Продуктивность и качество корма различных сортов фестулолиума на серых лесных почвах Калужской области // *Кормопроизводство*. 2016. № 4. С. 39–41.
11. Лукиных Г.Л., Луганская С.Н. Морфобиологическая характеристика многолетних злаковых трав, используемых для создания газонов в условиях Среднего Урала: методические указания. Екатеринбург: Отдел оперативной полиграфии Уральского государственного лесотехнического университета, 2010. 35 с.
12. Лукиных Г.Л. Многолетние злаковые травы. Сорта для условий Среднего Урала: методические указания. Екатеринбург: Отдел оперативной полиграфии Уральского государственного лесотехнического университета, 2011. 23 с.
13. Лукиных Г.Л. Отдаленная гибридизация в селекции многолетних злаковых трав // *Вестник КрасГАУ*. 2007. № 2. С. 86–94.
14. Лукиных Г.Л. Отличительные признаки многолетних злаковых трав: методические указания. Екатеринбург: Отдел оперативной полиграфии Уральского государственного лесотехнического университета, 2011. 23 с.
15. Лукиных Г.Л. Перспективные тетраплоидные сорта фестулолиума для условий Среднего Урала // *Кормопроизводство*. 2007. № 8. С. 23–26.
16. Образцов В.Н., Щедрина Д.И., Кондратов В.В. Семенная продуктивность фестулолиума в зависимости от приемов возделывания в лесостепи Центрального Черноземья // *Кормопроизводство*. 2013. № 7. С. 28–30.
17. Переправо Н.И., Косолапов В.М., Золотарев В.Н. и др. Современное состояние и основные направления развития травосеяния и семеноводства кормовых трав в России // *Адаптивное кормопроизводство*. 2014. № 1. С. 12–21.
18. Переправо Н.И., Косолапов В.М., Рябова В.Э. и др. Возделывание и использование новой кормовой культуры – фестулолиума – на корм и семена: методическое пособие. Москва: Изд-во РГАУ – МСХА, 2012. 28 с.
19. Abdelhalim M., Rognli O.A., Hofgaard I.S. et al. Snow mould resistance under controlled conditions and winter survival in the field in populations of perennial ryegrass, meadow fescue, and *Festulolium* are partly dependent on ploidy level and degree of northern adaptation // *Canadian Journal of Plant Science*. 2016. Vol. 96(4). Pp. 579–589. DOI: 10.1139/cjps-2015-0259.
20. Von Boberfeld W., Opitz B.K. Yield and forage quality of different *Festulolium* cultivars in winter // *Journal of Agronomy and Crop Science*. 2006. Vol. 192(4). Pp. 239–247. DOI: 10.1111/j.1439-037X.2006.00214.x.

References

1. Vasko P.P., Soroka A.V. Formation of pasture stands in the year of sowing. In: *Crop Production: Reserves for Cost Reduction and Quality Improvement: Proceedings of the International Research-to-Practice Conference (Zhodino, July 10-11, 2008)*. Zhodino: Information and Computing Center of the Ministry of Finance of the Republic of Belarus. 2008;1:152-155. (In Russ.).
2. State Register of Varieties and Hybrids of Agricultural Crops Authorized for Use for Production Purposes. Varieties of Plants (official edition). Official Website of State Commission of the Russian Federation for Selection Achievements Test and Protection. URL: <https://reestr.gossortrf.ru/search/>. (In Russ.).
3. Evseeva G.V., Smirnov S.N., Kamova A.I. et al. *Festulolium* is a new feed crop in Karelia. *Feed production*. 2015;6:18-21. (In Russ.).
4. Zolotarev V.N. Economic and biological characteristics of *Festulolium* variety Fest and features of its cultivation. *Adaptive Fodder Production*. 2022;2:35-48. (In Russ.).
5. Kondratov V.V. Development of agrotechnical methods for growing and harvesting *Festulolium* seeds in the forest-steppe of the Central Chernozem Region: Author's Abstract of Candidate Dissertation in Agricultural Sciences: 06.01.01. Voronezh; 2012. 24 p. (In Russ.).
6. Korelina V.A., Batakova O.B., Shamanin A.A. et al. Fodder crops for the northern region of Russia. Arkhangelsk: Arkhangelsk Research Institute of Agriculture Publishers; 2013. 27 p. (In Russ.).
7. Kravtsov V.V., Kravtsov V.A., Nadmidov N.V. *Festulolium* cultivar for hay and grazing. *Feed Production*. 2013;10:19-21. (In Russ.).
8. Kulikov Z.A., Perepravo N.I. Methods of cultivating *Festulolium* for seeds. In: *Modern Technologies in Agricultural Science and Production (dedicated to the 130th anniversary of the birth of A.P. Shekhuridin)*:

Proceedings of the International Research-to-Practice Conference of Young Scientists and Specialists of the Federal State Budgetary Educational Institution "Scientific Research Institute of Agriculture of the South-East Region" (Saratov, March 24-25, 2016). Saratov: Scientific Research Agricultural Institute of the South-East Region Publishers; 2016:178-181. (In Russ.).

9. Leshko N.L. The use of some perennial grasses in Vitebsk Oblast. In: Youth and Innovations – 2011: Proceedings of the International Research-to-Practice Conference of Young Scientists (Gorki, August 2, 2011). Gorki: Belarussian State Agricultural Academy Publishers. 2011;1:191-193. (In Russ.).

10. Lukashov V.N., Isakov A.N. Productivity and fodder quality of *Festulolium* cultivated on gray forest soil of the Kaluga region. *Feed Production*. 2016;4:39-41. (In Russ.).

11. Lukinykh G.L., Luganskaya S.N. Morphobiological characteristics of perennial grasses used to create lawns in the conditions of the Middle Urals: methodological guidelines. Yekaterinburg: Department of Operational Polygraphy, Ural State Forest Engineering University Publishers; 2010. 35 p. (In Russ.).

12. Lukinykh G.L. Perennial grasses. Varieties for the conditions of the Middle Urals: methodological guidelines. Yekaterinburg: Department of Operational Polygraphy, Ural State Forest Engineering University Publishers; 2011. 23 p. (In Russ.).

13. Lukinykh G.L. Remote hybridization in perennial grasses breeding. *Bulletin of KSAU*. 2007;2:86-94. (In Russ.).

14. Lukinykh G.L. Distinctive features of perennial grasses: methodological guidelines. Yekaterinburg: Department of Operational Polygraphy, Ural State Forest Engineering University Publishers; 2011. 23 p. (In Russ.).

15. Lukinykh G.L. Promising *Festulolium* tetraploid varieties for the conditions of the Middle Urals. *Feed Production*. 2007;8:23-25. (In Russ.).

16. Obratsov V.N., Shchedrina D.I., Kondratov V.V. *Festulolium* seed productivity dependent on cultivation methods in the forest-steppe of the Central Chernozem Region. *Feed Production*. 2013;7:28-30. (In Russ.).

17. Perepravo N.I., Kosolapov V.M., Zolotarev V.N. et al. Current state and the main directions of development of forage grass seeding and seed multiplication in Russia. *Adaptive Fodder Production*. 2014;1:12-21. (In Russ.).

18. Perepravo N.I., Kosolapov V.M., Ryabova V.E. et al. Cultivation and use of a new forage crop *Festulolium* for feed and seeds: methodological guide. Moscow: Publishing House of Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 2012. 28 p. (In Russ.).

19. Abdelhalim M., Rognli O.A., Hofgaard I.S. et al. Snow mould resistance under controlled conditions and winter survival in the field in populations of perennial ryegrass, meadow fescue, and *Festulolium* are partly dependent on ploidy level and degree of northern adaptation. *Canadian Journal of Plant Science*. 2016;96(4):579-589. DOI: 10.1139/cjps-2015-0259.

20. Von Boberfeld W., Opitz B.K. Yield and forage quality of different $\times$ *Festulolium* cultivars in winter. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 2006;192(4):239-247. DOI: 10.1111/j.1439-037X.2006.00214.x.

Информация об авторах

В.Н. Образцов – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой растениеводства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», ovennn@mail.ru.

С.В. Кадыров – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры растениеводства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», ksabir@yandex.ru.

Н.В. Подлесных – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», env.05@mail.ru.

Т.П. Некрасова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», tatiana.p.nekrasova@gmail.com.

В.А. Задорожная – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», valyaz2015@mail.ru.

Information about the authors

V.N. Obratsov, Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Dept. of Crop Science, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, ovennn@mail.ru.

S.V. Kadyrov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Crop Science, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, ksabir@yandex.ru.

N.V. Podlesnykh, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Crop Science, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, env.05@mail.ru.

T.P. Nekrasova, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Crop Science, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, tatiana.p.nekrasova@gmail.com.

V.A. Zadorozhnaya, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Crop Science, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, valyaz2015@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 29.11.2025; одобрена после рецензирования 28.12.2025; принята к публикации 12.01.2026.

The article was submitted 29.11.2025; approved after reviewing 28.12.2025; accepted for publication 12.01.2026.

© Образцов В.Н., Кадыров С.В., Подлесных Н.В., Некрасова Т.П., Задорожная В.А., 2026

4.1.1. ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 633.853 (631.559:631.55)

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2026_1_19

EDN: XHRRCO

**Влияние способов уборки на сбор семян и экономическую
эффективность возделывания редьки масличной****Валерий Петрович Савенков¹, Елена Юрьевна Кузьмина^{2✉}**^{1, 2} Липецкий научно-исследовательский институт рапса – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта», Липецк, Россия² lena-kuzmina07@mail.ru[✉]

Аннотация. Представлены результаты исследований, проведенных с целью определения влияния различных способов уборки урожая редьки масличной на сбор товарных семян, масла, белка и экономическую эффективность возделывания в условиях ЦЧР РФ. Полевые эксперименты выполнены на территории Липецкого НИИ рапса в 2019–2022 гг. Изучали эффективность применения способов уборки урожая семян редьки масличной – однофазный (прямое комбайнирование) и двухфазный, со скашиванием растений в валки и их обмоломом после подсыхания. Прямое комбайнирование осуществляли по вариантам естественного созревания семян и через 10–15 суток после десикации посевов. Полевой опыт размещали на выщелоченном среднемощном тяжелосуглинистом черноземе. Погодные условия вегетационных периодов в годы исследований различались, но закономерности изменений урожая товарных семян редьки масличной по вариантам опыта в целом сохранялись. В среднем за четыре года наибольший сбор семян (1,71 т/га) получен при уборке прямым комбайнированием с предуборочной десикацией посевов. Качество урожая семян редьки масличной частично зависело от погодных условий. Более высокая масличность семян отмечена при однофазном способе уборки, а их белковость по вариантам опыта существенно не различалась. По сбору растительного масла (556 кг/га) и кормового белка (442 кг/га) лучшим был вариант применения прямого комбайнирования с предуборочной десикацией посевов. На этом варианте отмечены наибольший чистый доход (37 740 руб./га) и рентабельность (123%). На других вариантах опыта все отмеченные показатели выхода растениеводческой продукции с гектара и экономической эффективности агротехнологии возделывания изучаемой культуры значительно снижались. На основании результатов проведенных исследований обоснованными являются рекомендации сельскохозяйственным производителям при возделывании редьки масличной нового сорта Альфа на товарные семена в условиях лесостепи ЦЧР уборку урожая проводить прямым комбайнированием с предуборочной десикацией посевов.

Ключевые слова: редька масличная, способ уборки урожая, сбор семян, выход растительного масла, выход кормового белка с гектара, экономическая эффективность

Для цитирования: Савенков В.П., Кузьмина Е.Ю. Влияние способов уборки на сбор семян и экономическую эффективность возделывания редьки масличной // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, № 1(88). С. 19–25. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_19–25.

4.1.1. GENERAL SOIL MANAGEMENT AND CROP SCIENCE
(AGRICULTURAL SCIENCES)

Original article

**Influence of harvesting methods on seed yield and
economic effectiveness of oil radish cultivation****Valery P. Savenkov¹, Elena Yu. Kuzmina^{2✉}**^{1, 2} Lipetsk Rapeseed Research Institute – Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center "V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops", Lipetsk, Russia² lena-kuzmina07@mail.ru[✉]

Abstract. The results of studies conducted to determine the impact of various methods of harvesting oil radish on the bulk yield of commercial seeds, oil, protein and the economic efficiency of cultivation in the conditions of the Central Chernozem Region of the Russian Federation are presented. Field experiments were performed on the territory of Lipetsk Rapeseed Research Institute in 2019–2022. The effectiveness of the methods of oil radish harvesting was studied, i.e. single-phase (straight forward combining) and two-phase including mowing with windrowing and pickup threshing after drying. Straight forward combining was carried out according to the variants of natural maturation of seeds and 10–15 days after desiccation of crops. The field experiment was conducted on leached moderately-deep heavy loamy chernozem. The weather conditions of the growing seasons varied during the research years, but the

patterns of changes in the yield of commercial oilseed radish seeds according to the experimental variants generally remained. On average, over four years, the largest seed harvest (1.71 t/ha) was obtained during harvesting by direct combine harvesters with preharvest desiccation of crops. The quality of the harvest of oil radish partially depended on weather conditions. Higher oil content was noted with a single-phase harvesting method, and seed protein content did not differ significantly according to the experimental variants. The best results according to vegetable oil (556 kg/ha) and fodder protein (442 kg/ha) were registered when straight forward combining with preharvest desiccation of crops was used. The same holds true for the highest net income (37,740 rubles/ha) and profitability (123%). In other experimental variants, all the noted indicators of yield per hectare of crop production and the economic efficiency of agrotechnology of cultivation of the studied crop decreased significantly. Based on the results of the conducted research, recommendations are justified for agricultural producers when cultivating oil radish of the new Alpha variety for commercial seeds in the forest-steppe of the Central Chernozem Region, harvesting should be carried out by straight forward combining with preharvest desiccation of crops.

Keywords: oil radish, harvesting method, seed harvesting, yield of vegetable oil, yield of fodder protein per hectare, economic effectiveness

For citation: Savenkov V.P., Kuzmina E.Yu. Influence of harvesting methods on seed yield and economic effectiveness of oil radish cultivation. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(1):19-25. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_19-25.

Введение

При возделывании капустных культур, в том числе редьки масличной, важной задачей является не только создание благоприятных условий для формирования высокой урожайности, но и обеспечение уборки семян без существенных потерь. Известно, что согласно биологическим особенностям этих культур, цветение обычно начинается на центральном стебле, а затем (через определенное время) – на боковых ветвях, и в целом обычно длится 3–4 недели. Как следствие, процесс созревания урожая растягивается во времени, и к концу вегетационного периода на растениях имеются как созревшие, так и недозревшие семена. Также на равномерность созревания оказывают влияние высокая засоренность посевов и влажные и прохладные условия, значительно затрудняющие уборку урожая [2, 3, 5, 12, 13].

В то же время редька масличная имеет свои ботанико-морфологические особенности. Стручки этой культуры не растрескиваются, так как семена трудно отделяются от мясистой паренхимы, что снижает их потери от осыпания. Кроме того, достоинством редьки масличной является устойчивость к прорастанию семян внутри стручков при их созревании, что практически исключает потери урожая при высокой влажности. Однако именно прочный и нерастрескивающийся стручок затрудняет обмолот маслосемян, поэтому для высокоэффективной уборки урожая рекомендуется настраивать комбайн так, чтобы оболочка стручков разрушалась, а семена не повреждались [1, 7, 9, 10].

При обмолоте растений можно использовать два способа – двухфазный (раздельный) и однофазный, то есть прямое комбайнирование при естественном созревании семян или с предуборочной десикацией посевов. При этом двухфазный способ уборки урожая включает скашивание культуры в валки при средней влажности семян 30–40% и высоте среза не менее 15–20 см. Обмолот валков осуществляется после высушивания скошенной биомассы и семян. Каждый из отмеченных способов уборки урожая семян редьки масличной имеет как преимущества, так и недостатки.

Результаты исследований по определению эффективности различных способов уборки урожая семян редьки масличной, проведенные как в нашей стране, так и ближнем зарубежье, немногочисленны и противоречивы, что в основном обусловлено неодинаковыми погодными-климатическими условиями региона возделывания и засоренностью посевов. Кроме того, противоречивость полученных результатов можно объяснить тем, что в полевых экспериментах возделывали сорта редьки масличной, которые по равномерности и темпам созревания семян на центральном стебле и боковых побегах растений различались. В большинстве научных работ прямое комбайнирование с предуборочной десикацией посевов было отмечено как наиболее эффективный способ уборки этой культуры [1, 4, 6, 10, 11, 12, 14].

В связи с отсутствием сведений о проведении полевых экспериментов по определению влияния различных способов уборки сорта редьки масличной Альфа на урожай товарных семян и выход растительных масла и белка, а также экономическую эффективность агротехнологии возделывания в условиях Центрально-Черноземного региона России проведение таких исследований является актуальным и представляет большой научно-практический интерес.

Методика эксперимента

Исследования по изучению влияния различных способов уборки урожая редьки масличной на сбор товарных семян, масла, белка, а также экономическую эффективность возделывания проводили на территории Липецкого научно-исследовательского института рапса – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта» в 2019–2022 гг.

Почва опытного участка представлена выщелоченным среднесуглинистым черноземом. Агрохимические показатели слоя почвы 0–20 см по годам исследований варьировали в следующих пределах:

- гумус (по Тюрину) – 6,4–6,8%;
- pH_{KCl} – 4,6–5,0;
- содержание доступных форм фосфора и калия (по Чирикову) – соответственно 146–168 и 61–69 мг/кг почвы.

Использовали сорт редьки масличной Альфа, который размещали в севообороте после озимой пшеницы и возделывали согласно технологии, рекомендованной для этой капустной культуры (кроме изучаемых агроприемов) в условиях лесостепи ЦФР России.

Общая и учетная площадь делянки составили соответственно 25,2 и 15 м². Повторность опыта четырехкратная.

В полевом опыте применяли базовые способы уборки: однофазный (прямое комбайнирование) и раздельный, при котором растения редьки масличной скашивали в валки и затем проводили их обмолот. Следует отметить, что прямое комбайнирование изучалось по двум вариантам: при естественном созревании семян и с предуборочной десикацией посевов.

Прямое комбайнирование осуществляли, когда влажность семян редьки масличной составляла 9–11%. При прямом комбайнировании с предуборочной десикацией посевов изучаемой культуры использовали десиканты с действующим веществом дикват (150 г/л) – Голден Ринг, ВР (2019, 2020 гг.) и Тонгара, ВР (2021, 2022 гг.). В зависимости от погодных условий через 11–16 суток после десикации посевов, когда влажность семян снижалась до 6–9%, осуществляли учет урожайности.

Уборку урожая семян редьки масличной на вариантах опыта с прямым комбайнированием проводили поделочно комбайном САМПО-130. При двухфазном (раздельном) способе уборки на каждой делянке культуру скашивали (вручную) в валки при средней влажности семян 30–40%. Высота среза растений составляла 15–20 см. После высыхания валков до влажности семян 7–10% их обмолачивали комбайном САМПО-130.

Урожайность редьки масличной определяли путем пересчета бункерной массы на 100% чистоту и стандартную влажность семян 7%.

Содержание сырого жира и протеина в семенах редьки масличной определяли по ГОСТ-3496.15-216 и ГОСТ-13486-93. При проведении исследований применяли методики и ГОСТы, которые являются общепринятыми.

В регионе полевых исследований (Липецкий район, Липецкая область) климат умеренно-континентальный, где, согласно среднесуточным данным, за май-август выпадает 236 мм осадков, а среднесуточная температура воздуха и ГТК по Селянинову – 17,6 °С и 1,11. По годам проведения полевого опыта погодные условия имели свои особенности. Так, в целом за вегетационный период редьки масличной в 2019, 2020, 2021 и 2022 гг.

среднесуточная температура воздуха составила 18,4; 17,8; 20,2 и 18,0 °С, сумма осадков 204, 143, 156 и 208 мм и ГТК по Селянинову – 1,02; 0,81; 0,85 и 1,14 соответственно. При этом наименее благоприятная динамика гидротермических условий сложилась в 2021 г.

Результаты и их обсуждение

Для получения высокого урожая редьки масличной важным является не только технология возделывания, но и способ уборки, основная задача которого состоит в обеспечении наибольшего сбора семян с гектара. При этом определяющими факторами являются засоренность агроценоза и погодные условия в период созревания семян. В полевом опыте ежегодно для защиты посевов редьки масличной от сорняков применяли гербициды, поэтому засоренность ее посевов была низкой.

В связи со сложившимися погодными условиями вегетации в среднем по вариантам опыта отмечены следующие показатели сбора товарных семян редьки масличной:

- 2019 г. – 2,11 т/га;
- 2020 г. – 1,70 т/га;
- 2021 г. – 1,04 т/га;
- 2022 г. – 1,61 т/га.

Следует отметить, что существенных различий влияния изучаемых способов уборки урожая на выход маслосемян с гектара по годам исследований не выявлено. В связи с этим целесообразным представляется анализ результатов полевых экспериментов, полученных в среднем за четыре года исследований (табл. 1).

Таблица 1. Влияние способов уборки урожая на сбор товарных семян редьки масличной, т/га

Способ уборки	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее
Прямое комбайнирование	1,96	1,62	1,02	1,57	1,54
Прямое комбайнирование с предуборочной десикацией посевов	2,26	1,79	1,11	1,68	1,71
Двухфазный	2,10	1,69	1,00	1,59	1,60
НСР ₀₅	0,114	0,101	0,064	0,082	0,090

В среднем за 2019–2022 гг. наибольший сбор товарных семян редьки масличной был получен на вариантах опыта прямого комбайнирования с предуборочной десикацией посевов. На вариантах применения двухфазного способа и прямого комбайнирования отмечено достоверное снижение урожайности изучаемой культуры, которая оказалась несколько меньше в последнем случае. Очевидно, при таком способе уборки урожая семян обмолот стеблестоя редьки масличной был затруднен по причине более высокой влажности относительно других вариантов опыта.

Эффективность изучаемых агротехнологий возделывания редьки масличной обусловлена не только ее урожайностью, но и сбором растительных масла и белка с гектара. Согласно полученным результатам по качеству урожая семян редьки масличной видно, что их масличность и белковость частично зависели как от погодных условий по годам исследований, так и от способов уборки урожая. В результате в среднем по вариантам опыта в семенах изучаемой культуры в 2019, 2020, 2021 и 2022 гг. накапливалось сырого жира соответственно 36,9; 34,1; 34,1 и 33,1% и протеина – 29,2; 26,5; 27,1 и 28,0% от абсолютно сухого вещества. Самыми высокими данные показатели качества семян редьки масличной были в 2019 г., а в другие годы они несколько снижались. При этом в среднем за 2019–2022 гг. наибольшая и сравнительно равноценная масличность получена при проведении однофазного способа уборки, а при двухфазном этот показатель значительно снижался. В то же время значения показателей содержания протеина в семенах редьки масличной по вариантам опыта существенно не различались.

В среднем по вариантам опыта наибольшие сборы растительного масла (724 кг/га) и кормового белка (572 кг/га) были получены в 2019 г., а наименьшие – в 2021 г., соответственно 331 и 263 кг/га (табл. 2).

Таблица 2. Влияние способов уборки урожая семян редьки масличной на сбор масла и белка, кг/га

Способ уборки	Сбор масла					Сбор белка				
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее
Прямое комбайнирование	678	517	326	528	512	534	402	258	418	403
Прямое комбайнирование с предуборочной десикацией посевов	778	573	357	516	556	614	439	280	433	442
Двухфазный	715	528	311	479	508	568	415	252	418	413
НСР ₀₅	54,6	47,7	27,5	40,9	42,7	32,6	24,4	19,6	26,2	25,7

Как следует из приведенных в таблице 2 данных, в среднем за 2019–2022 гг. наиболее высокие значения показателей продуктивности изучаемой культуры отмечены на варианте применения прямого комбайнирования с предуборочной десикацией посевов, где сбор масла и белка составлял соответственно 556 и 442 кг/га. На других вариантах опыта значения этих показателей достоверно были ниже и находились примерно на одном уровне.

При оценке экономической эффективности изучаемых технологий возделывания и уборки редьки масличной важное значение имеет стоимость полученного урожая семян, которая значительно различалась по вариантам опыта. Наибольших значений этот показатель достигал при прямом комбайнировании с предуборочной десикацией посевов (68 400 руб./га), а наименьших – при прямом комбайнировании (61 600 руб./га). При двухфазном способе уборки урожая семян этот показатель находился на среднем уровне (табл. 3).

Таблица 3. Экономическая эффективность технологии возделывания редьки масличной на товарные семена при разных способах уборки урожая (в среднем за 2019–2022 гг.)

Способ уборки	Стоимость товарных семян, руб./га	Производственные затраты, руб./га	Себестоимость семян, руб./т	Чистый доход, руб./га	Рентабельность, %
Прямое комбайнирование	61 600	28 539	18 532	33 061	116
Прямое комбайнирование с предуборочной десикацией посевов	68 400	30 660	17 930	37 740	123
Двухфазный	64 000	29 187	18 242	34 813	119

Как следует из приведенных в таблице 3 данных, при возделывании редьки масличной на товарные семена более высокие производственные затраты отмечены, когда уборку проводили прямым комбайнированием с предуборочной десикацией посевов – 30 660 руб./га. На других вариантах опыта этот показатель был ниже на 5–7%.

В результате сложившихся производственных затрат и урожайности редьки масличной значения себестоимости одной тонны семян при изучаемых способах уборки урожая в целом оказались сравнительно близкими и существенно меньше рыночной стоимости. Наибольшая себестоимость (18 532 руб./т) отмечена при уборке прямым комбайнированием.

Выявлено, что более высокие показатели чистого дохода (37 740 руб./га) и рентабельности (123%) технологий возделывания редьки масличной на товарные семена обеспечила уборка урожая прямым комбайнированием с предуборочной десикацией посевов. При использовании двух других способов уборки (двухфазного и прямого комбайнирования) эти основные показатели экономической эффективности агротехнологии возделывания изучаемой культуры были ниже – соответственно 34 813 руб./га / 119% и 33 061 руб./га / 116%.

Выводы

Проведенные исследования показали, что в среднем за 2019–2022 гг. наибольшие сборы товарных семян, масла и белка редьки масличной (сорт Альфа), а также чистый доход и рентабельность были получены при агротехнологии возделывания, в соответствии с которой уборку урожая осуществляли прямым комбайнированием с предуборочной десикацией посевов. На других вариантах полевого опыта отмеченные показатели выхода с гектара растениеводческой продукции и экономической эффективности технологии возделывания изучаемой культуры значительно снижались.

На основании результатов проведенных исследований обоснованными являются рекомендации сельскохозяйственным производителям при возделывании редьки масличной сорта Альфа на товарные семена в условиях лесостепи ЦЧР Российской Федерации уборку урожая проводить прямым комбайнированием с предуборочной десикацией посевов.

Список источников

1. Белик Н.Л. Биологические основы технологии возделывания рапса ярового и редьки масличной в Центральном Черноземье: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.09. Тамбов, 2002. 517 с.
2. Бопп В.Л., Пыжикова Н.И., Кураченко Н.Л. и др. Обоснование способов и сроков уборки масличных культур (рапс, рыжик, горчица) в условиях Канской лесостепи // Вестник КрасГАУ. 2019. № 6(147). С. 52–58.
3. Вафина Э.Ф., Мильчакова А.В., Мазунина Н.И. Особенности формирования урожайности семян масличных культур семейства Капустные // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 6(98). С. 54–58.
4. Дорофеев Н.В., Пешкова А.А., Бояркин Е.В. и др. Десикация семенных посевов редьки масличной // Аграрная наука, 2010. № 5. С. 8–10.
5. Емельянов А.М. Редька масличная – высокопродуктивная кормовая культура: научно-практические рекомендации. Улан-Удэ: БГСХА, 2019. 44 с.
6. Ильин Д.П. Особенности уборки семян капустных культур // Российский электронный научный журнал. 2023. № 2(48). С. 137–150. DOI: 10.31563/2308-9644-2023-48-2-137-150.
7. Ладутко В.Ф. Влияние сроков использования различных десикантов на созревание, качество и урожайность редьки масличной // Совершенствование приемов увеличения производства продукции растениеводства и животноводства в условиях Минской области: сборник научных трудов. Минск: [б. и.], 1996. Вып. 2. С. 78–80.
8. Лисицын А.Н., Григорьева В.Н., Лисицына И.А. и др. Недостатки десикации при обработке масличных культур // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института жиров. 2020. № 1–2. С. 12–18. DOI: 10.25812/VNIIG.2020.33.15.009.
9. Мастеров А.С., Романцевич Д.И., Плевко Е.А. Обоснование элементов технологии возделывания крестоцветных культур. Горки: БГСХА. 2021. 292 с.
10. Мустафин А.М., Харчевников В.В. Влияние основных агротехнических приемов возделывания на семенную и кормовую продуктивность редьки масличной // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2010. № 3. С. 26–31.
11. Пешкова. А.А., Дорофеев Н.В. Биологические особенности и технология возделывания редьки масличной: монография. Иркутск: ИЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН, 2008. 145 с.
12. Савенков В.П., Карпачев В.В. Научно-практические основы управления агротехнологиями производства ярового рапса: монография. Липецк: Изд-во Липецкого государственного технического университета, 2017. 461 с.
13. Савенков В.П., Кузьмина Е.Ю. Методические рекомендации. Перспективные технологии возделывания нового сорта редьки масличной Альфа на зеленую массу и семена в условиях лесостепи ЦФО Российской Федерации: Липецк: Липецкий НИИ рапса – филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК: «Позитив-Л», 2023. 46 с.
14. Харчевников В.В. Основные элементы технологии возделывания редьки масличной на семена в условиях лесостепи Новосибирского Приобья // Инновационные тенденции развития российской науки: материалы IX Международной научно-практической конференции молодых ученых (Красноярск, 22–23 марта 2016 г.). Красноярск: Красноярский ГАУ, 2016. С. 92–96.

References

1. Belik N.L. Biological underpinnings of spring rape and oilseed radish cultivation technology in the Central Chernozem Region: Doctoral Dissertation in Agricultural Sciences: 06.01.09. Tambov; 2002. 517 p. (In Russ.).
2. Bopp V.L., Pyzhikova N.I., Kurachenko N.L. et al. The substantiation of harvesting methods and terms for oilseed crops (rapeseed, camelina, mustard) in Kansk forest-steppe conditions. *Bulletin KrasSAU*. 2019;6(147):52-58. (In Russ.).
3. Vafina E.F., Milchakova A.V., Mazunina N.I. Features of the formation of the yield of seeds of oilseeds of the Cabbage family. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2022;6(98): 54-58. (In Russ.).
4. Dorofeev N.V., Peshkova A.A., Boyarkin E.V. et al. Desiccation of oil radish seed crops. *Agrarian Science*. 2010;5:8-10. (In Russ.).
5. Emelyanov A.M. Oil radish is a highly productive forage crop: scientific and practical recommendations. Ulan-Ude: Buryat State Agricultural Academy Publishers; 2019. 44 p. (In Russ.).
6. Ilyin D.P. Features of harvesting cabbage seeds. *Russian Electronic Scientific Journal*. 2023;2(48):137-150. DOI: 10.31563/2308-9644-2023-48-2-137-150. (In Russ.).
7. Ladutko V.F. Effect of the terms of application of various desiccants on oil radish ripening, quality and yield. In: Improving methods for increasing crop and livestock production in the conditions of Minsk Oblast: collection of scientific papers. Minsk: [s. n.]; 1996. Issue 2. Pp. 78-80. (In Russ.).
8. Lisitsyn A.N., Grigorjeva V.N., Lisitsyna I.A. et al. Shortages of desiccation by oil seed treatment. *Vestnik of the All-Russia Scientific Research Institute of Fats*. 2020;1-2:12-18. DOI: 10.25812/VNIIG.2020.33.15.009. (In Russ.).
9. Masterov A.S., Romantsevich D.I., Plevko E.A. Substantiation of elements of technology for cruciferous crops cultivation. Gorki: Belarusian State Agricultural Academy Publishers; 2021. 292 p. (In Russ.).
10. Mustafin A.M., Kharchebnikov V.V. Influence of the main agrotechnical cultivation methods on seed and forage productivity of oilseed radish. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2010;26-31. (In Russ.).
11. Peshkova A.A., Dorofeev N.V. Biological characteristics and technology of oil radish cultivation: monograph. Irkutsk: State Institution Research Center for Reconstructive and Reconstructive Surgery of the East Siberian Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences Publishers; 2008. 146 p. (In Russ.).
12. Savenkov V.P., Karpachev V.V. Scientific and practical fundamentals of managing agricultural technologies for spring rapeseed production: monograph. Lipetsk: Publishing House of Lipetsk State Technical University; 2017. 461 p. (In Russ.).
13. Savenkov V.P., Kuzmina E.Yu. Methodical guidelines. Promising technologies for cultivating a new variety of oilseed radish Alpha for green mass and seeds in the forest-steppe conditions of the Central Federal District of the Russian Federation. Lipetsk: Lipetsk Rapeseed Research Institute – Branch of FSBSI “Federal Scientific Center “V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops”: Pozitiv-L Publishers; 2023. 46 p. (In Russ.).
14. Kharchebnikov V.V. Key elements of cultivation technology of oil radish for seeds in the forest-steppe of Novosibirsk Priobye. In: Innovative Trends in the Development of Russian Science: Proceedings of the IX International Research-to-Practice Conference of Young Scientists (Krasnoyarsk, March 22-23, 2016). Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University Publishers; 2016:92-96. (In Russ.).

Информация об авторах

В.П. Савенков – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, главный научный сотрудник отдела технологий возделывания рапса и других сельскохозяйственных культур, Липецкий научно-исследовательский институт рапса – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта», vnirapsa@mail.ru.

Е.Ю. Кузьмина – научный сотрудник отдела технологий возделывания рапса и других сельскохозяйственных культур, Липецкий научно-исследовательский институт рапса – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта», lana-kuzmina07@mail.ru.

Information about the authors

V.P. Savenkov, Doctor of Agricultural Sciences, Docent, Chief Research Scientist, the Department of Technologies of Rapeseed and Other Agricultural Crops Cultivation, Lipetsk Rapeseed Research Institute – Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Center “V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops”, vnirapsa@mail.ru.

E.Yu. Kuzmina, Research Scientist, the Department of Technologies of Rapeseed and Other Agricultural Crops Cultivation, Lipetsk Rapeseed Research Institute – Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Center “V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops”, lana-kuzmina07@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 03.12.2025; одобрена после рецензирования 11.01.2026; принята к публикации 15.01.2026.

The article was submitted 03.12.2025; approved after reviewing 11.01.2026; accepted for publication 15.01.2026.

© Савенков В.П., Кузьмина Е.Ю., 2026

4.1.1. ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО (СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 633.28:631.5(470.32)

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2026_1_26

EDN: XMEAIV

Технология возделывания фестулолиума на семена в условиях лесостепи Центрального Черноземья

Владимир Николаевич Образцов^{1✉}, Сабир Вагидович Кадыров²,
Валентина Алексеевна Задорожная³, Татьяна Павловна Некрасова⁴,
Надежда Владимировна Подлесных⁵, Мюриелль Урсула Дибь⁶

^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
Воронеж, Россия,

¹ ovennn@mail.ru✉

Аннотация. Проблемы кормопроизводства в Центральном Черноземье требуют комплексного подхода, включающего внедрение современных агротехнологий, оптимизацию севооборотов и развитие семеноводства. Возделывание многолетних трав, в частности фестулолиума, является одним из ключевых решений, позволяющих повысить продуктивность кормовых угодий, улучшить качество кормов и обеспечить устойчивость кормовой базы с учетом тенденции изменения климата. Внедрение данной культуры в севообороты хозяйств региона будет способствовать повышению эффективности кормопроизводства и укреплению экономики сельскохозяйственной отрасли. Предложена эффективная технология возделывания фестулолиума на семена в условиях лесостепи Центрального Черноземья, которая предусматривает комплекс агротехнических мероприятий, направленных на создание оптимального режима для роста и развития культуры. Особое внимание уделено агротехническим мероприятиям, проводимым осенью, включающим дискование стерни, зяблевую вспашку и внесение минеральных удобрений. Проведение весной боронования, предпосевной культивации и прикатывания почвы обеспечивает равномерную глубину заделки семян на 1–2 см. Посев проводится в ранние сроки беспокровным черезрядным способом с нормой высева 6,0 кг/га. Важным элементом технологии возделывания фестулолиума на семена является оптимизация его минерального питания, в соответствии с которым азотные удобрения вносятся в дозе 45–60 кг/га д.в. в весенний или осенний период, что способствует повышению урожайности семян и снижению склонности травостоя к полеганию. Также рассмотрены методы борьбы с сорняками, применение регуляторов роста и особенности уборки семян. Предложенная технология позволяет получать высококачественные семена фестулолиума, что способствует повышению эффективности кормопроизводства и укреплению кормовой базы для животноводства в условиях Центрального Черноземья.

Ключевые слова: фестулолиум, кормопроизводство, технология возделывания, агротехнические приемы, семенная продуктивность, многолетние злаковые травы

Для цитирования: Образцов В.Н., Кадыров С.В., Задорожная В.А., Некрасова Т.П., Подлесных Н.В., Дибь М.У. Технология возделывания фестулолиума на семена в условиях лесостепи Центрального Черноземья // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, № 1(88). С. 26–32. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_26–32.

4.1.1. GENERAL SOIL MANAGEMENT AND CROP SCIENCE (AGRICULTURAL SCIENCES)

Original article

Technology of *Festulolium* cultivation for seeds in the forest steppe of the Central Chernozem Region

Vladimir N. Obraztsov^{1✉}, Sabir V. Kadyrov², Valentina A. Zadorozhnaya³,
Tatyana P. Nekrasova⁴, Nadezhda V. Podlesnykh⁵, Murielle Ursula Diby⁶

^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Voronezh, Russia

¹ ovennn@mail.ru✉

Abstract. The problems of forage production in the Central Chernozem region require an integrated approach, including the introduction of modern agricultural technologies, optimization of crop rotations and development of seed production. Cultivation of perennial grasses, in particular *Festulolium*, is one of the key solutions to increase the productivity of fodder-producing lands, improve the quality of feeds and ensure fodder base sustainability, taking into account the trend of climate change. The introduction of this culture into crop rotations of farms in the region will contribute to increasing the efficiency of fodder production and strengthening the economy of agricultural sector. The authors propose an effective technology for cultivating *Festulolium* for seeds in the forest-steppe conditions of the

Central Chernozem region, which provides for a set of agrotechnical measures aimed at creating an optimal regime for *Festulolium* growth and development. Particular attention is paid to agrotechnical measures carried out in the fall, including stubble disking, autumn plowing and application of mineral fertilizers. Carrying out harrowing, pre-sowing cultivation and soil rolling in spring ensures uniform (1-2 cm) seed placement depth. Sowing is carried out early in the season using a coverless skip-row planting with a seeding rate of 6.0 kg/ha. An important element of the technology of *Festulolium* cultivation for seeds is the optimization of its mineral nutrition, according to which nitrogen fertilizers are applied at a dose of 45-60 kg/ha in spring or autumn, which helps to increase seed yield and reduce the tendency towards lodging of grass stand. The authors also discuss weed control methods, the use of growth regulators and the features of seed harvesting. The proposed technology allows obtaining high-quality *Festulolium* seeds, which helps to increase the efficiency of feeds production and strengthen the fodder base for livestock in the conditions of the Central Chernozem region.

Keywords: *Festulolium*, fodder production, cultivation technology, agrotechnical methods, seed productivity, perennial grasses

For citation: Obratsov V.N., Kadyrov S.V., Zadorozhnaya V.A., Nekrasova T.P., Podlesnykh N.V., Diby M.U. Technology of *Festulolium* cultivation for seeds in the forest steppe of the Central Chernozem Region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(1):26-32. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_26-32.

Кормопроизводство в Центральном-Черноземном регионе, несмотря на благоприятные почвенно-климатические условия, сталкивается с рядом проблем, которые снижают эффективность производства кормов и их качество [5, 7, 18].

Можно выделить следующие основные проблемы кормопроизводства ЦЧР:

1) деградация почв и снижение их плодородия. Интенсивное использование пахотных земель под монокультуры, особенно зерновые, приводит к истощению почв, снижению содержания органического вещества и ухудшению их структуры, что негативно сказывается на урожайности кормовых культур и качестве кормов;

2) низкое качество кормов. В структуре кормового клина преобладают однолетние культуры, которые часто не обеспечивают достаточного содержания белка и других питательных веществ, что приводит к необходимости использования дорогостоящих кормовых добавок;

3) недостаток влаги в засушливые периоды. Несмотря на относительно высокий уровень осадков в регионе, в отдельные годы наблюдаются засушливые периоды, которые негативно сказываются на урожайности кормовых культур, особенно однолетних;

4) высокая засоренность посевов. Недостаточное внимание к борьбе с сорняками приводит к снижению урожайности кормовых культур и ухудшению качества кормов;

5) недостаточное использование современных технологий. Во многих хозяйствах отсутствуют современная техника и оборудование для заготовки и хранения кормов, что приводит к потерям при уборке и хранении [7, 8, 15].

Перечисленные выше проблемы требуют комплексного подхода и внедрения современных агротехнологий.

Одним из ключевых решений задач, стоящих перед отраслью кормопроизводства ЦЧР, является расширение посевов многолетних трав, возделывание которых способствует накоплению органического вещества в почве, улучшает ее структуру и предотвращает эрозию. Благодаря мощной корневой системе многолетние травы более устойчивы к недостатку влаги по сравнению с однолетними культурами.

Многолетние травы отличаются высокой урожайностью как зеленой массы, так и семян. Корм, получаемый из трав, характеризуется высоким качеством и питательностью, так как он содержит большое количество белка, углеводов, макро- и микроэлементов, витаминов, незаменимых аминокислот и др. Отмеченные преимущества делают многолетние травы ценными компонентами кормовой базы для животноводства [2, 4, 12, 14].

Для повышения урожайности кормовых культур и качества получаемых кормов необходимо внедрение сбалансированной системы удобрений, включающей внесение фосфорно-калийных удобрений под посев многолетних трав, а также проведение подкормок азотными удобрениями в период их вегетации.

Для снижения засоренности посевов многолетних трав необходимо применять современные гербициды, а также использовать различные агротехнические методы, такие как боронование и культивация, которые способствуют повышению урожайности трав и качества кормов. Кроме того, необходимо уделять внимание химической защите травостоев от болезней и вредителей.

Внедрение современных технологий заготовки кормов, таких как прессование, силосование, сенажирование и силажирование, призвано снижать потери при уборке и хранении. Использование герметичных хранилищ и современных сушильных установок повышает сохранность питательных веществ в кормах [3, 9].

Для обеспечения хозяйств качественными семенами многолетних трав необходимо ускоренное развитие семеноводства в ЦЧР, направленное на снижение зависимости от импортных семян и повышение рентабельности кормопроизводства.

Фестулолиум как высокопродуктивная и устойчивая культура может стать основой для улучшения кормовой базы в ЦЧР, возделывание которой позволит:

- повысить урожайность кормовых угодий за счет высокой продуктивности и устойчивости к неблагоприятным условиям;
- улучшить качество кормов за счет высокого содержания белка, сахаров и других питательных веществ;
- снизить затраты на кормопроизводство за счет уменьшения необходимости в дорогостоящих кормовых добавках;
- улучшить состояние почв за счет накопления органического вещества и предотвращения эрозии [1, 6, 10, 13, 16, 17].

Для максимальной реализации потенциала фестулолиума необходимо разрабатывать современные технологии его возделывания, учитывающие биологические и экологические особенности культуры. На основе детального анализа биоклиматического потенциала лесостепной зоны Центрального Черноземья можно определить оптимальные условия для роста и развития фестулолиума, включая сроки посева, нормы высева, систему удобрений и методы защиты от сорняков и вредителей.

В таблице схематично представлена технология возделывания фестулолиума на семена в условиях лесостепи Центрального Черноземья по технологическим операциям и техническим средствам для ее реализации: сорт – Фест, предшественник – озимая или яровая пшеница, ячмень.

Осенняя обработка почвы под семенные посевы фестулолиума, включающая дискование (лушение) стерни и зяблевую вспашку, а также внесение минеральных удобрений являются важными этапами в создании благоприятных условий для роста и развития травостоя.

Лушение стерни на глубину 8–10 см применяют с целью уничтожения сорняков и сохранения влаги в почве.

Внесение фосфорно-калийных удобрений ($P_{120}K_{120}$) в запас на три года обеспечивает длительное питание растений, что особенно важно для фестулолиума.

Зяблевая вспашка на глубину 25–27 см способствует улучшению структуры почвы, накоплению влаги и питательных веществ, а также создает благоприятные условия для развития корневой системы растений. Весенняя обработка почвы начинается с ее боронования, предпосевной культивации (при необходимости) и допосевного прикатывания. Эти агроприемы позволяют создать выровненное семенное ложе и обеспечить равномерную глубину заделки семян.

Посев проводится в ранние сроки беспокровным черезрядным (30 см) способом с нормой высева 6,0 кг/га и глубиной заделки семян 1–2 см. Такая технология обеспечивает оптимальную густоту стояния растений и способствует равномерному развитию всходов. Умеренная густота стояния растений является ключевым фактором получения высокой урожайности семян фестулолиума при минимальных затратах ресурсов.

АГРОНОМИЯ

Технология возделывания фестулолиума на семена в условиях лесостепи Центрального Черноземья

Технологическая операция	Агротехнические требования	Технические средства
Осень (работы прошлого года)		
1. Дискование (лушение) стерни	После уборки стерневого предшественника. Глубина 8–10 см в два следа, при наличии корнеотпрысковых сорняков – лемешное лушение на 12–14 см	К-744-Р-2 + ЛДГ-20 (БДТ-9,4); Buhler 2375 + Catros-12; JD8430 + Carrier XL 925; Versatile 460 + Diskomaster 9×4
2. Внесение минеральных удобрений	До или после лушения Р ₁₂₀ К ₁₂₀ (в запас на 3 года использования семенного участка)	MT3-82 + РДУ-1,5; MT3-82 + ZA-M-1500; JD7830 + ZG-B-8200
3. Зяблевая вспашка	Через 1,5–2 недели после лушения на глубину 25–27 см	К-701 + ПНЛ-8-40ПА (ПН-8-35У); Т-150 + ПЛН-5-35; ХТЗ-241К + ППО-5/40; JD 9530 + Kverneland RX
4. Осенняя культивация почвы с боронованием	При появлении сорняков 1–2 культивации на глубину 4–6 см с подрезанием сорняков и выравнивание почвы	Т-150 + КШУ-12(КПО-9); MT3-1221 + КППШ-6; Т-150 + АКШ-7,2
Весна и лето в год посева		
5. Боронование зяби со шлейфованием	Ранней весной при посевании почвы в два следа диагонально-перекрестным способом на глубину 3–4 см. Высота гребней – не более 2 см	Buhler 2375 + Штригель-24 (Моррис 21.3); MT3-82 + ЗПГ-15; MT3-1221 + БЗШ-21; Т-150 + Кама-21
6. Предпосевная культивация (или без нее)	На глубину 2–3 см	MT3-1221 + КППШ-6; Т-150 + АКШ-7,2; JD9420 + Carrier 1225
7. Прикатывание почвы	Вслед за культивацией	Т-150 + С-11 + ЗККШ-6
8. Заблаговременное протравливание семян	ТМТД, 0,8 СП – 3–4 кг/т семян, ТМТД, 0,4 ВСК – 5–8 кг/т. Расход рабочего раствора – 5–10 л/т семян	ПС-10; ВЗК-15; ПСП-9; ПС-20; ПСШ-10; ПС-30
9. Обработка семян БАВ	За 10–15 дней до посева, гетероауксин 0,05%	
10. Посев	В ранние сроки, беспокровно, черезрядным (30 см) способом, норма высева семян – 6,0 кг/га, глубина посева 1–2 см	MT3-82 + Д-9-40; ХТЗ-241К + Д 9-120; MT3-82 + СПУ-6
11. Прикатывание почвы	Сразу после посева	Т-150 + ЗККШ-6А; Т-150К + КЗК-9,24
12. Боронование всходов	Поперек посева на глубину 3–4 см. Скорость агрегата 3–4 км/ч	Т-150+СП-16 + ЗБП-0,6; MT3-1025 + ЗПГ-15
13. Борьба с сорняками	В фазе кущения обработка гербицидом Аврорекс в дозе 0,55 л/га	MT3-82 + UG-3000 Nova; MT3-82 + Rau air Plus-36; MT3-82 + ОП-2500
Второй и последующие годы жизни (семенное использование травостоя)		
14. Подкормка минеральными удобрениями	Аммиачная селитра в дозе 60 кг/га д.в.	MT3-82 + РДУ-1,5; MT3-82 + ZA-M-1500; JD7830 + ZG-B-8200
15. Весеннее боронование посевов	Поперек посева. Скорость агрегата 3–4 км/ч	Т-150+СП-16+БЗСС-1,0; Т-150 + БМШ-24; MT3-1523 + ЗПГ-24
16. Применение регуляторов роста растений	В период весеннего кущения – 0,05% раствор гетероауксина в утренние часы	MT3-82 + ОП-2500/24; MT3-82 + Amazone UG Nova; MT3-82 + Rau Air Plus-36; Rau Exproler; John Deere 4720 + Tecnomia Laser 4240
17. Борьба с сорняками	Агритокс, 1,0 л/га	
18. Опрыскивание посевов	Перед уборкой при влажности семян 60–65%. Клеящий препарат Бифактор (КЭ, 450 г/л) – 1,2 л/га, расход рабочего раствора – 200 л/га	JD 9450; Lexion 580; Торум 780; New Holland; CX 8000; Акрос 595
19. Уборка	Прямое комбайнирование при влажности семян 20–25 %, тщательная герметизация уборочной техники	
20. Предварительная очистка семян	Удаление крупных и мелких примесей и семян сорняков	БЛС-150; БСФ-50; СВП-80; МПО-50М; СКВ-100; Р1-BCO;
21. Сушка семян	Влажность семян для длительного хранения – 12%	Оптимум С50; АТМ-60С; Astra 60; Vesta150; Riela GDT 300; Riela RST 1-21
22. Сортировка семян	Доведение качества семян до требований ГОСТ Р 52325-2005	Prof-Seed; Air-Seed; Петкус-Селектра; Петкус-Вибрант (К-523/1 и К-523/2)

Прикатывание почвы после посева способствует лучшему контакту семян с почвой и ускорению появления всходов, боронование всходов на глубину 3–4 см – разрушению почвенной корки и улучшению аэрации почвы.

В течение вегетационного периода проводятся мероприятия по борьбе с сорняками, включая обработку гербицидами (Аврорекс, Агритокс), что позволяет минимизировать конкуренцию сорных растений за питательные вещества и влагу.

Использование регуляторов роста (гетероауксин) в фазе кущения способствует усилению ростовых процессов и повышению устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды.

В системе агротехнических мероприятий, направленных на обеспечение высокой семенной продуктивности фестулолиума, особое внимание уделяется оптимизации минерального питания. Для формирования высокопродуктивного семенного травостоя с минимальной склонностью к полеганию рекомендуется внесение минерального азота в дозе 45–60 кг/га д.в. Наиболее эффективным периодом для проведения подкормки является весна или осень. Согласно полученным данным, во второй год жизни травостоя урожайность семян при таких условиях составила 591,4–620,5 кг/га [11]. Это свидетельствует о значительном влиянии азотных удобрений на повышение продуктивности фестулолиума, особенно в период активного роста и развития растений.

В последующие годы жизни травостоя наблюдается снижение семенной продуктивности фестулолиума в 1,7–2,3 раза, что связано с естественным старением растений и снижением их жизненной активности. Однако даже на посевах третьего и четвертого годов жизни можно поддерживать достаточно высокий уровень урожайности за счет проведения подкормок аммиачной селитрой и азофоской в осенние сроки. Рекомендуемая доза внесения азота в этот период составляет 60 кг/га д.в.

Рациональным режимом использования семенников фестулолиума является получение семян в течение трех лет подряд начиная со второго года жизни. Такой подход позволяет максимально эффективно использовать биологический потенциал культуры, обеспечивая стабильную урожайность семян при минимальных затратах на удобрения и другие агротехнические мероприятия. Опрыскивание посевов клеящим препаратом Бифактор перед уборкой при влажности семян 60–65% приводит к снижению потерь семян при уборке и улучшению их качества. Уборка проводится прямым комбайнированием при влажности семян 20–25%, что позволяет минимизировать потери и сохранить качество семян.

Послеуборочная обработка включает предварительную очистку, сушку и сортировку семян, что обеспечивает их соответствие требованиям ГОСТ Р 52325-2005. Сушка семян до влажности 12% обеспечивает их длительное хранение без потери всхожести.

Предложенная технология возделывания фестулолиума на семена в условиях лесостепи Центрального Черноземья является эффективной в контексте получения высококачественного семенного материала. Ресурсосберегающий подход к обработке почвы, уходу за посевами и послеуборочной обработке семян является залогом высокой урожайности и качества семян, что делает данную технологию пригодной для широкого внедрения в сельскохозяйственное производство региона.

Комплексный подход к управлению агроэкологическими факторами призван не только минимизировать риски, связанные с неблагоприятными погодными условиями, но и обеспечить стабильно высокие урожаи семян фестулолиума, что имеет важное значение для развития кормопроизводства в условиях ЦЧР и повышения устойчивости сельского хозяйства к климатическим изменениям.

Таким образом, возделывание многолетних трав, в частности фестулолиума, является одним из ключевых решений, позволяющих повысить продуктивность кормовых угодий, качество кормов и, как следствие, устойчивость кормовой базы. Внедрение данной культуры в севообороты хозяйств региона будет способствовать повышению эффективности кормопроизводства и укреплению экономики сельского хозяйства.

Список источников

1. Барыгина И.М. Использование фестулолиума в чистом виде и в составе бинарных травосмесей // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 1. С. 82–86.
2. Веретеников Н.Г., Хлюпина С.В. Энергетическая эффективность возделывания многолетних трав различных сроков сева в условиях Центрального Черноземья // Научное обеспечение агропромышленного производства: материалы международной научно-практической конференции (Курск, 20–22 января 2010 г.). Курск: Изд-во Курской государственной сельскохозяйственной академии, 2010. С. 246–248.
3. Гасиев В.И., Луценко Г.В. Возделывание фестулолиума на семена // Научное образование. 2021. № 4(13). С. 41–43.
4. Грязнов А.А. Инновационный подход к проблеме повышения эффективности кормопроизводства // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. 2011. Т. 59. С. 33–36.
5. Дронова Т.Н., Бурцева Н.И. Кормопроизводство: проблемы полевого травосеяния // Орошаемое земледелие. 2013. № 1. С. 8–9.
6. Иванов И.С., Золотарев В.Н., Чекмарева А.В. Оценка исходного материала фестулолиума для степных условий Центрального Черноземья // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: сборник научных трудов ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса». Москва: ФГБОУ ДПО «Российская академия кадрового обеспечения агропромышленного комплекса», 2021. Т. 26(74). С. 44–50. DOI: 10.33814/МАК-2021-26-74-44-50.
7. Косолапов В.М., Трофимов И.А. Научное обеспечение кормопроизводства России // Успехи современного естествознания. 2013. № 12. С. 47–50.
8. Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С. и др. Агроландшафты Центрального Черноземья. Районирование и управление: монография. Москва: ООО Издательский дом «Наука», 2015. 198 с.
9. Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С. и др. Кормовые экосистемы Центрального Черноземья России: агроландшафтные и технологические основы: монография. Москва: Российская академия сельскохозяйственных наук, 2016. 649 с.
10. Лукашов В.Н., Исаков А.Н. Продуктивность и качество корма различных сортов фестулолиума на серых лесных почвах Калужской области // Кормопроизводство. 2016. № 4. С. 39–42.
11. Образцов В.Н. Теоретические и практические основы возделывания фестулолиума на корм и семена в лесостепи Центрального Черноземья России: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.01. Воронеж, 2018. 48 с.
12. Образцов В.Н., Кадыров С.В., Савчинская Н.С. Эффективность возделывания многолетних бобово-злаковых травосмесей на территории Центрально-Черноземного региона // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2024. Т. 17, № 3(82). С. 12–18. DOI 10.53914/issn2071-2243_2024_3_12.
13. Привалова К.Н., Каримов Р.Р. Фестулолиум (*Festulolium*) – новая кормовая культура в центральных областях лесной зоны // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: сборник научных трудов по материалам Международного симпозиума (Москва, 15–18 марта 2016 г.). Москва: Российский университет дружбы народов, 2016. № 12. С. 443–446.
14. Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Пути сохранения и воспроизводства почвенного плодородия в сельском хозяйстве Елецкого округа Центрального Черноземья // Инновационные направления научных исследований в земледелии и животноводстве как основа развития сельскохозяйственного производства: материалы Всероссийской научно-практической конференции и Всероссийской Школы молодых ученых (Белгород, 24–25 июня 2021 г.). Белгород: ООО «Константа»; ФГБНУ Белгородский ФАНЦ РАН, 2021. С. 211–215.
15. Урбанская Г.Г. Инновационное кормопроизводство: проблемы и пути решения (в условиях Воронежской области) // Экономика сельского хозяйства. Реферативный журнал. 2009. № 4. Порядковый номер 986.
16. Фигурин В.А., Кислицына А.П. Продуктивность и питательная ценность травосмесей фестулолиума с разнопоспевающими сортами клевера лугового // Кормопроизводство. 2019. № 5. С. 18–22.
17. Шайкова Т.В., Мазин А.М., Сажин А.В. и др. Эффективность применения фестулолиума в травосмесях // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2019. № 1(98). С. 148–156. DOI: 10.24411/0131-5226-2019-10132.
18. Щедрина Д.И., Попов А.Ф., Образцов В.Н. Кормопроизводство в ЦЧР: состояние и перспективы // Совершенствование технологий производства зерновых, кормовых и технических культур в ЦЧР: сборник статей. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2011. С. 202–208.

References

1. Barygina I.M. Use of *Festulolium* in pure form and as part of binary grass mixtures. *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2020;1:82-86. (In Russ.).
2. Veretennikov N.G., Khlyupina S.V. Energy efficiency of cultivating perennial grasses of various sowing periods in the conditions of the Central Chernozem Region. In: Scientific support of agro-industrial production: Proceedings of the International Research-to-Practice Conference (Kursk, January 20-22, 2010). Kursk: Kursk State Agricultural Academy Publishers; 2010:246-248. (In Russ.).
3. Gasiev V.I., Lushchenko G.V. Cultivation of *Festulolium* for seeds. *Science Education*. 2021;4(13):41-43. (In Russ.).
4. Gryaznov A.A. Innovative approach to the problem of increasing the efficiency of forage production. *Vestnik of Chelyabinsk State Agro-Engineering Academy*. 2011;59:33-36. (In Russ.).
5. Dronova T.N., Burtseva N.I. Forage production: field grass sowing problems. *Irrigated Agriculture*. 2013;1:8-9. (In Russ.).
6. Ivanov I.S., Zolotarev V.N., Chekmareva A.V. Evaluation of the initial material of the *Festulolium* for the steppe conditions of the Central Chernozem Region. In: Multifunctional Adaptive Fodder Production: collection of scientific papers of Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology. Moscow: Russian Academy of Personnel Support for Agro-Industrial Complex Publishers. 2021;26(74):44-50. DOI: 10.33814/МАК-2021-26-74-44-50. (In Russ.).

7. Kosolapov V.M., Trofimov I.A. Scientific support for forage production in Russia. *Advances in Current Natural Sciences*. 2013;12:47-50. (In Russ.).
8. Kosolapov V.M., Trofimov I.A., Trofimova L.S. et al. Agrolandscapes of the Central Chernozem Region. Zoning and Management. Moscow: Nauka Publishing House; 2015. 198 p. (In Russ.).
9. Kosolapov V.M., Trofimov I.A., Trofimova L.S. et al. Forage ecosystems of the Central Chernozem Region of Russia: agrolandscape and technological foundations: monograph. Moscow: Russian Academy of Agricultural Sciences Publishers; 2016. 649 p. (In Russ.).
10. Lukashov V.N., Isakov A.N. Productivity and fodder quality of *Festulolium* cultivated on gray forest soil of the Kaluga region. *Feed Production*. 2016;4:39-42. (In Russ.).
11. Obratsov V.N. Theoretical and practical principles of cultivation of *Festulolium* for fodder and seeds in the forest-steppe of the Central Chernozem Region of Russia: Author's Abstract of Doctoral Dissertation in Agricultural Sciences: 06.01.01. Voronezh, 2018. 48 p. (In Russ.).
12. Obratsov V.N., Kadyrov S.V., Savchinskaya N.S. Efficiency of cultivation of perennial cereallegume grass mixtures in the territory of the Central Chernozem Region. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2024;17(3):12-18. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2024_3_12. (In Russ.).
13. Privalova K.N., Karimov R.R. *Festulolium* is a new forage crop in the central regions of the forest zone. In: New and Nontraditional Plants and Prospects for their Utilization: International Symposium Conference Proceedings (Moscow, March 15-18, 2016). Moscow: Peoples' Friendship University of Russia. 2016;12:443-446. (In Russ.).
14. Trofimov I.A., Trofimova L.S., Yakovleva E.P. Ways of preserving and reproducing soil fertility in Yelets Oblast of the Central Chernozem region agriculture. In: Innovative areas of scientific research in agriculture and animal husbandry as a basis for the development of agricultural production: Proceedings of the All-Russian Research-to-Practice Conference and the All-Russian School of Young Scientists (Belgorod, June 24-25, 2021). Belgorod: Konstanta Publishers; Belgorod Federal Agricultural Research Centre of the Russian Academy of Sciences; 2021:211-215. (In Russ.).
15. Urbanskaya G.G. Innovative forage production: problems and solutions (in the conditions of the Voronezh region). *Economics of Agriculture of Russia*. 2009;4:986. (In Russ.).
16. Figurin V.A., Kislitsyna A.P. Productivity and nutritional value of *Festulolium* mixtures with red clover of various maturation rates. *Feed Production*. 2019;5:18-22. (In Russ.).
17. Shaykova T.V., Mazin A.M., Sazhin A.V. et al. Efficacy of *Festulolium* in grass mixtures. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rastenievodstva i zhivotnovodstva*. 2019;1(98):148-156. DOI: 10.24411/0131-5226-2019-10132. (In Russ.).
18. Shchedrina D.I., Popov A.F., Obratsov V.N. Forage production in the Central Chernozem Region: current state and development prospects. In: Improving technologies for the production of grain, forage and industrial crops in the Central Chernozem Region. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Publishers; 2011:202-208. (In Russ.).

Информация об авторах

В.Н. Образцов – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой растениеводства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», ovennn@mail.ru.
С.В. Кадыров – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры растениеводства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», ksabir@yandex.ru.
В.А. Задорожная – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», valyaz2015@mail.ru.
Т.П. Некрасова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», tatiana.p.nekrasova@gmail.com.
Н.В. Подлесных – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», env.05@mail.ru.
М.У. Дибби – аспирант кафедры растениеводства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», muriellediby@gmail.com.

Information about the authors

V.N. Obratsov, Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Dept. of Crop Science, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, ovennn@mail.ru.
S.V. Kadyrov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Crop Science, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, ksabir@yandex.ru.
V.A. Zadorozhnaya, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Crop Science, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, valyaz2015@mail.ru.
T.P. Nekrasova, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Crop Science, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, tatiana.p.nekrasova@gmail.com.
N.V. Podlesnykh, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Crop Science, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, env.05@mail.ru.
M.U. Diby, Postgraduate Student, the Dept. of Crop Science, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, muriellediby@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 26.11.2025; одобрена после рецензирования 28.12.2025; принята к публикации 12.01.2026.

The article was submitted 26.11.2025; approved after reviewing 28.12.2025; accepted for publication 12.01.2026.

© Образцов В.Н., Кадыров С.В., Задорожная В.А., Некрасова Т.П., Подлесных Н.В., Дибби М.У., 2026

4.1.3. АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗАЩИТА И
КАРАНТИН РАСТЕНИЙ (СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 632.952:632.7(470.324)

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2026_1_33

EDN: SEAPKX

**Действие фунгицидов на микозы и сосущих вредителей озимой
пшеницы в условиях лесостепной зоны ЦЧР и меры защиты от них****Екатерина Юрьевна Тютин^{1✉}, Елизавета Айрапетовна Мелькумова²,
Дмитрий Николаевич Голубцов³, Анатолий Федорович Климкин⁴**^{1, 2, 3, 4} Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
Воронеж, Россия¹ katy.zhizhina@yandex.ru✉

Аннотация. Представлены результаты исследований, проведенных в полевых опытах в условиях лесостепной зоны ЦЧР (территория УНТЦ «Агротехнология» Воронежского ГАУ) с целью выявления влияния химических средств защиты на такие листостебельные микозы озимой пшеницы, как септориоз листьев и колоса (*Septoria tritici*, *Stagonospora nodorum*), мучнистая роса (*Blumeria graminis*), пиренофороз (*Pyrenophora tritici-repentis*) и бурая ржавчина (*Puccinia triticina*), а также на сосущих вредителей (пшеничный трипс и злаковые тли). Наблюдения за болезнями озимой пшеницы сорта Алая Заря, начатые с 2016 г., показали, что интенсивность поражения септориозом с 2020 г. снижалась из-за осенних засух в период 2019–2024 гг., что привело к усилению поражения пшеницы мучнистой росой, бурой ржавчиной и пиренофорозом. Бензимидазол-стробилуриновый фунгицид Феразим Грин, КС показал меньшую биологическую эффективность в подавлении микозов пшеницы по сравнению с более современными препаратами – триазоловым Крестраж, КЭ и триазол-стробилуриновым Деларо, КС. Все исследованные препараты эффективнее уменьшали степень поражения пшеницы ржавчиной и мучнистой росой. Видимого снижения интенсивности поражения пшеницы пиренофорозом не выявлено. Для оценки действия фунгицидов на сосущих вредителей в опыты добавлены варианты с инсектицидами. Получены результаты, свидетельствующие о том, что такие препараты, как триазоловые фунгициды Прозаро, КЭ и Колосаль Про, КМЭ, а также триазол-стробилуриновый Деларо, КС и бензимидазол-стробилуриновый Феразим Грин, КС достоверно сокращали численность обыкновенной злаковой тли в пределах 30%. В 2022 г. получены достоверные результаты по снижению численности большой злаковой тли под воздействием препаратов Крестраж, КЭ и Феразим Грин, КС. В 2023 и 2024 гг. из-за низкой заселенности и численности большой злаковой тли не удалось подтвердить результаты 2022 г. Эффективного действия изучаемых фунгицидов на численность пшеничного трипса не выявлено.

Ключевые слова: озимая пшеница, септориоз, мучнистая роса, пиренофороз, бурая ржавчина, сосущие вредители, фунгициды, биологическая эффективность

Для цитирования: Тютин Е.Ю., Мелькумова Е.А., Голубцов Д.Н., Климкин А.Ф. Действие фунгицидов на микозы и сосущих вредителей озимой пшеницы в условиях лесостепной зоны ЦЧР и меры защиты от них // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2025. Т. 18, № 4(87). С. 33–42. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_33–42.

4.1.3. AGRICULTURAL CHEMISTRY, AGRONOMIC SOIL SCIENCE,
PLANT PROTECTION AND QUARANTINE (AGRICULTURAL SCIENCES)

Original article

**Fungicidal effect on winter wheat mycoses and sucking pests
in the conditions of the forest-steppe of the Central Chernozem
Region and preventive protection measures****Ekatereina Yu. Tyutina^{1✉}, Elizaveta A. Melkumova²,
Dmitry N. Golubtsov³, Anatoly F. Klimkin⁴**^{1, 2, 3, 4} Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia¹ katy.zhizhina@yandex.ru✉

Abstract. The results of research conducted in field trials in 2022–2024 on the territory of “Agrotechnology” Training, Research and Technological Center of Voronezh State Agrarian University in the conditions of the forest-steppe of the Central Chernozem Region in order to identify the impact of chemical protective agents on such leafy mosses of winter wheat as speckled leaf blotch (*Septoria tritici*, *Stagonospora nodorum*), powdery mildew (*Blumeria graminis*), tan spot (*Pyrenophora tritici-repentis*) and brown rust (*Puccinia triticina*), as well as on sucking pests (wheat thrips and cereal

aphids). Observations of winter wheat diseases of the Alaya Zarya variety, conducted since 2016, have shown that the intensity of damage by leaf blotch has decreased since 2020 due to autumn droughts in the period 2019-2024. A decrease in the intensity of leaf blotch led to increased damage to wheat by powdery mildew, brown rust and tan spot. Benzimidazole-strobilurin fungicide Ferazim Green, SC showed lower biological effectiveness in suppressing wheat mycoses compared to modern drugs triazole Krestrazh, CE and triazole-strobilurin Delaro, SC. All the drugs studied were more effective in reducing wheat susceptibility to rust and powdery mildew. In relation to tan spot, the impact of these drugs was not found to be rather effective. To evaluate the effect of fungicides on sucking pests, insecticide variants were added into the experiments. The results showed that such drugs as triazole fungicides Prozaro, CE and Kolosal Pro, CME triazole-strobilurine Delaro, SC and benzimidazole-strobilurine Ferazim Green, SC reduced the number of green bug by 30%. In 2022, reliable results were obtained on reducing the number of cereal aphid using Krestrazh, CE and Ferazim Green, SC preparations. In 2023 and 2024, due to low population of cereal aphid and low pest colonization of plants, it was not possible to confirm the results obtained in 2022. The effective impact of the studied fungicides on the abundance of wheat thrips was not revealed.

Keywords: winter wheat, leaf blotch, powdery mildew, tan spot, brown rust, sucking pests, fungicides, biological effectiveness

For citation: Tyutina E.Yu., Melkumova E.A., Golubtsov D.N., Klimkin A.F. Fungicidal effect on winter wheat mycoses and sucking pests in the conditions of the forest-steppe of the Central Chernozem Region and preventive protection measures. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;1(88):33-42. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_33-42.

Введение

Среди зерновых озимая пшеница занимает лидирующее положение по урожайности и является ценным продуктом питания для населения. К сожалению, эта ценная культура подвержена воздействию вредных организмов, которые значительно снижают урожайность и требуют проведения активных, в том числе химических, защитных мер. Особое место занимают микозы, возбудители которых обладают высокой агрессивностью и способны в короткие сроки вызвать сильное поражение культуры.

Как известно, листостебельные болезни озимой пшеницы, к которым относятся бурая ржавчина (*Puccinia tritica*), пиренофороз (*Pyrenophora tritici-repentis*), септориоз листьев и колоса (*Septoria tritici*, *Stagonospora nodorum*) и мучнистая роса (*Blumeria graminis*), снижают урожайность на 20–70%. При благоприятных условиях эти болезни способны в сжатые сроки производить массовое поражение ценной зерновой культуры. В настоящее время с целью снижения потерь урожая озимой пшеницы посевы обрабатывают химическими средствами защиты растений (ХСЗР).

Применение в сельском хозяйстве пестицидов имеет ряд негативных последствий, одним из которых является возникновение приобретенной резистентности (специфической устойчивости) у вредных организмов. Главная причина развития резистентности и способности вредных организмов выживать и размножаться в присутствии химического вещества, которое раньше подавляло их развитие, заключается в многократном и бессистемном использовании пестицидов с одинаковым механизмом действия, что приводит к мутациям всей популяции вредного организма. Также резистентность может возникать из-за нарушений технологии применения пестицидов длительное время.

Фунгициды на основе карбендазима используются в защите растений более 50 лет и в научно-методической литературе имеются указания на возникновение резистентности у возбудителей некоторых болезней к таким препаратам [1, 6]. Однако есть и противоположные данные – о высокой эффективности этих препаратов при совместном применении бензимидазолов с веществами из других классов [4, 7].

В различных источниках публикуются сведения, указывающие на способность фунгицидов негативно влиять на насекомых, в том числе на вредителей. Приводятся данные об отрицательном действии химических препаратов из класса бензимидазолов, в частности карбендазима, на различные виды тлей и клещей [9, 10, 11, 17, 20]. Описаны случаи снижения численности насекомых под воздействием фунгицидов из класса стробилуринов – пираклостробина и трифлуксистробина [12, 16, 21]. В отношении широко используемых в настоящее время фунгицидов из группы триазолов нам не удалось обна-

ружить указаний на их отрицательное действие на насекомых, найдены источники, в которых опубликованы сведения об отсутствии негативного влияния препаратов этого класса [5, 13, 20]. Проведенные собственные исследования в 2018 г. показали способность триазолового препарата Прозаро снижать численность тли на озимой пшенице [3].

Сотрудники кафедры земледелия и защиты растений Воронежского государственного аграрного университета с 2016 по 2020 г. проводили исследования, в которых в качестве средств защиты посевов озимой пшеницы от патоккомплекса применяли фунгициды, содержащие действующее вещество из группы триазолов – протиоконазол [2]. На основании полученных результатов установлено, что многокомпонентные препараты являются более эффективными, чем однокомпонентные, при этом значительные различия между двух- и трехкомпонентными не были выявлены.

С 2022 г. исследования были продолжены с целью выявления влияния двухкомпонентных фунгицидов, включающих действующие вещества из классов бензимидазолов и триазолов, на листостебельные микозы озимой пшеницы, а также на сосущих вредителей – пшеничного трипса и злаковых тлей.

Методика эксперимента

Изучение эффективности фунгицидов проводилось в 2022–2024 гг. на территории учебно-научно-технологического центра «Агротехнология» ВГАУ (в условиях лесостепной зоны ЦЧР) на посевах озимой пшеницы сорта Алая Заря.

Анализировали действие фунгицидов на такие листостебельные микозы озимой пшеницы, как септориоз листьев и колоса (*Septoria tritici*, *Stagonospora nodorum*), мучнистая роса (*Blumeria graminis*), пиренофороз (*Pyrenophora tritici-repentis*) и бурая ржавчина (*Puccinia triticina*), а также на сосущих вредителей – пшеничного трипса (*Haplothrips tritici* Kurd.), обыкновенную злаковую тлю (*Schizaphis graminum* Rond.) и большую злаковую тлю (*Sitobion avenae* F.) при использовании фунгицидов (Деларо, КС; Крестраж, КЭ; Феразим Грин, КС; Прозаро, КЭ; Колосаль При, КМЭ), а также инсектицидов.

Деларо, КС (протиоконазол 175 г/л + трифлуксистробин 150 г/л) – двухкомпонентный системный препарат. Протиоконазол обладает хорошо выраженными системными свойствами, относится к группе триазолов, используется в защите растений с 2002 г. [15]. Трифлуксистробин обладает слабо выраженными системными свойствами, способен мезостемно перераспределяться по растению, относится к классу стробилуринов, используется в защите растений с 1999 г. [18].

Крестраж, КЭ (протиоконазол 80 г/л + тебуконазол 160 г/л) – двухкомпонентный системный препарат. Включает действующие вещества из группы триазолов – протиоконазол (рассмотрен выше при характеристике препарата Деларо, КС) и тебуконазол, обладает хорошо выраженными системными свойствами, используется в защите растений с 1988 г. [14].

Феразим Грин, КС (карбендазим 300 г/л + пираклостробин 100 г/л) – двухкомпонентный системно-контактный препарат. Карбендазим обладает хорошо выраженными системными свойствами, относится к классу бензимидазолов, используется в защите растений с 1974 г. [19]. Пираклостробин обладает слабо выраженными системными свойствами, относится к классу стробилуринов, используется в защите растений с 2002 г. [22].

Для оценки действия фунгицидов на сосущих вредителей в опыты добавлены варианты с инсектицидами. В 2022 г. использовался однокомпонентный пиретроидный контактный препарат Цепеллин, КЭ (альфа-циперметрин 100 г/л), в 2023–2024 гг. – трехкомпонентный неоникотиноидный и пиретроидный, системно-контактный препарат Декстер Турбо, СЭ (ацетамиприд 115 г/л + клотианидин 70 г/л + лямбда-цигалотрин 106 г/л).

Наблюдения проводили в полевых опытах, включавших по 4 варианта, а в 2024 г. – 5 вариантов. Повторность опытов четырехкратная.

Опрыскивание препаратами проводили штанговым опрыскивателем Amazone. Обработки осуществляли в фазы флагового листа – колошения. Норма расхода рабочей жидкости составляла 200–300 л/га.

В 2022–2023 гг. применяли максимальные нормы расхода фунгицидов, в 2024 г. посевы обрабатывали препаратом Деларо, используя как минимальную, так и максимальную нормы расхода.

Степень поражения растений определяли в фазы колошения – восковой спелости, осматривая на каждой из повторностей по 100 растений (10 растений в 10 пробах).

Интенсивность развития болезни определяли по общепринятой методике визуального осмотра больных растений. Для учетов тли и личинок пшеничного трипса осматривали по 25 стеблей и колосьев.

Полученные экспериментальные данные обработаны методом дисперсионного анализа в программе Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

Наблюдения за болезнями озимой пшеницы проводились с 2016 г. на сорте Алая Заря. В 2016–2018 гг. доминантным заболеванием являлся септориоз листьев, интенсивность поражения которым флагового листа к фазе восковой спелости составляла 40–50%. Другие листостебельные заболевания либо отсутствовали, либо встречались единично. С 2020 г. поражение септориозом снизилось и достигало 8–10% к фазе восковой спелости. При более низком поражении септориозом в 2023–2024 гг. усилилось проявление других листостебельных болезней.

Снижение степени поражения пшеницы септориозом связано с осенними засухами 2019–2023 гг. Осадки были отмечены в конце второй и третьей декад сентября, что привело к позднему появлению всходов озимой пшеницы и, как следствие, к более слабому их поражению, так как для листового септориоза основным местом сохранения инфекции являются пораженные зимующие растения. Исключением являлась осень 2021 г., когда осадки отмечались с первой декады сентября и всходы появились раньше, что привело к более высокой степени поражения озимой пшеницы в 2022 г., составившей 18%. Аналогичные данные по влиянию сроков появления всходов озимой пшеницы на поражение септориозом отмечаются в опубликованной научной литературе [8].

Результаты действия фунгицидов на микозы озимой пшеницы представлены в таблицах 1–3.

Таблица 1. Эффективность фунгицидов против септориоза озимой пшеницы по флаговому листу

Вариант	Интенсивность развития септориоза, %		Биологическая эффективность, %	Интенсивность развития септориоза, %	Биологическая эффективность, %
	до обработки	на 14-й день после обработки		на 30-й день после обработки	
2022 г.					
Феразим Грин, КС	0,4	0,6	78,6	3,9	78,3
Крестраж, КЭ	0,25	2,2	21,4	1,7	90,5
Контроль	0,3	2,8	–	18,0	–
2023 г.					
Феразим Грин, КС	0	0,3	40	2,4	70,4
Деларо, КС	0	0,2	60	1,6	80,2
Контроль	0	0,5		8,1	–
2024 г.					
Феразим Грин, КС	0,6	3,1	58,1	3,8	55,3
Деларо, КС мин.	0,75	2,8	62,2	3,6	57,6
Деларо, КС макс.	0,6	1,8	75,7	2,9	65,9
Контроль	0,7	7,4	–	8,5	–

Таблица 2. Эффективность фунгицидов против мучнистой росы озимой пшеницы по флаговому листу

Вариант	Интенсивность развития мучнистой росы, %		Биологическая эффективность, %	Интенсивность развития мучнистой росы, %	Биологическая эффективность, %
	до обработки	на 14-й день после обработки		на 30-й день после обработки	
2023 г.					
Феразим Грин, КС	0	0,7	50,0	1,1	80,0
Деларо, КС	0	0,2	85,7	0,6	89,1
Контроль	0	1,4	–	5,5	–
2024 г.					
Феразим Грин, КС	0	2,9	40,8	3,6	48,6
Деларо, КС мин.	0	2,3	53,1	2,5	64,3
Деларо, КС макс.	0	1,7	65,3	1,9	72,9
Контроль	0	4,9	–	7,0	–

Таблица 3. Эффективность фунгицидов против пиренофороза и бурой ржавчины пшеницы по флаговому листу

Вариант	2023 г.			2024 г.		
	Интенсивность развития пиренофороза, %		Биологическая эффективность, %	Интенсивность развития бурой ржавчины, %		Биологическая эффективность, %
	до обработки	на 30-й день после обработки		до обработки	на 30-й день после обработки	
Феразим Грин, КС	0	2,7	15,6	0	2,8	59,4
Деларо, КС мин.	–	–	–	0	2,7	60,9
Деларо, КС макс.	0	2,0	37,5	0	1,7	75,4
Контроль	0	3,2	–	0	6,9	–

По результатам анализа полученных экспериментальных данных можно отметить, что все фунгициды снизили степень поражения болезнями флагового листа озимой пшеницы. Препарат, содержащий бензимидазол, показал более низкие значения биологической эффективности, чем препараты, содержащие триазол.

Показатель эффективности препарата Феразим Грин, КС хотя и уступал триазолсодержащим фунгицидам, но был на уровне минимальной нормы расхода препарата Деларо, КС. В 2024 г. все фунгициды показали более низкую эффективность, что было обусловлено частыми и обильными осадками, превышавшими среднееголетние значения, которые наблюдались в июне-июле после обработки культуры фунгицидами. Лучшие результаты эффективности препаратов отмечены против ржавчины и мучнистой росы, худшие – против пиренофороза.

Исследования по действию фунгицидов на обыкновенную злаковую тлю начаты в 2018 г. Сравнивалось действие фосфорорганического инсектицида БИ-58 Новый, КЭ (400 г/л диметоата) и триазолового фунгицида Прозаро, КЭ (125 г/л протиоконазола + 125 г/л тебуконазола).

В 2019 г. в опыт были включены инсектицид Протеус, МД (10 г/л дельтаметрин + 100 г/л тиаклоприд), фунгициды триазоловый Колосаль Про, КМЭ (300 г/л пропиконазол + 200 г/л тебуконазола) и триазол-морфолиновый Солигор, КЭ (53 г/л протиоконазола + 148 г/л тебуконазола + 224 г/л спироксамина). Результаты действия пестицидов на обыкновенную злаковую тлю приведены в таблице 4.

Таблица 4. Действие пестицидов на обыкновенную злаковую тлю

Вариант	Численность тли, экз./стебель		Биологическая эффективность, %
	до обработки	на 14-й день после обработки	
2018 г.			
БИ-58 Новый, КЭ	19,8	3,6	47
Прозаро, КЭ	20,5	5,1	28
Контроль	35,3	12,2	–
НСР ₀₅ = 1,2			
2019 г.			
Протеус, МД	1,5	1,41	80
Колосаль Про, КМЭ	1,3	5,05	32
Солигор, КЭ	1,2	8,44	–
Контроль	1,4	8,06	–
НСР ₀₅ = 2,5			
2022 г.			
Цепеллин, КЭ	0	0,17	–
Феразим Грин, КС	0,11	0,17	–
Крестраж, КЭ	0,2	0,37	–
Контроль	0,1	0,56	–
Достоверные различия отсутствуют			
2023 г.			
Декстер Турбо, СЭ	0,82	2,0	82
Феразим Грин, КС	0,84	7,3	35
Деларо, КС	0,78	7,4	29
Контроль	0,84	11,25	–
НСР ₀₅ = 2,5			
2024 г.			
Декстер Турбо, СЭ	0	0,02	–
Феразим Грин, КС	0	0	–
Деларо, КС мин.	0,2	0	–
Деларо, КС макс.	0,1	0,03	–
Контроль	0,1	0,06	–
Достоверные различия отсутствуют			

Обыкновенная злаковая тля, колонии которой располагаются преимущественно на листьях, непосредственно попадает под обработку фунгицидами, контактирует с обработанной поверхностью, и так как все препараты включают системный компонент, насекомое получает действующие вещества при питании.

Практически все примененные в полевых экспериментах фунгициды оказали действие на численность обыкновенной злаковой тли, за исключением трехкомпонентного триазол-морфолинового препарата Солигор, КЭ. Такие препараты, как триазоловый Прозаро, КЭ, триазоловый Колосаль Про, КМЭ, триазол-стробилуриновый Деларо, КС и бензимидазол-стробилуриновый Феразим Грин, КС снизили численность тли в пределах 30%.

Проведенный дисперсионный анализ опытных данных показал достоверность полученных результатов. В 2022 и 2024 гг. из-за низкой численности тли и слабой заселенности ею растений достоверных различий данных, в том числе на варианте применения инсектицида, получено не было, однако на вариантах применения пестицидов численность тли оказалась меньше, чем на контроле.

Пшеничный трипс и большая злаковая тля, заселяя колос, в меньшей степени контактируют с препаратами и фактически получают его только при питании. Опыты по влиянию фунгицидов на эти виды сосущих вредителей проводились в 2022–2024 гг., их результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5. Действие пестицидов на пшеничного трипса и большую злаковую тлю по годам проведенного исследования

Вариант	Численность личинок пшеничного трипса, экз./колос на 20-й день после обработки	Численность большой злаковой тли, экз./колос на 20-й день после обработки
2022 г.		
Цепеллин, КЭ	6,1	1,4
Феразим Грин, КС	22,4	0,3
Крестраж, КЭ	27,4	0
Контроль	21,3	4,8
	НСР ₀₅ = 9,5	НСР ₀₅ =1,8
2023 г.		
Декстер Турбо, СЭ	5,0	0
Феразим Грин, КС	40,0	0,5
Деларо, КС	16,8	0,7
Контроль	29,6	0,5
	НСР ₀₅ = 15,0	Достоверных различий нет
2024 г.		
Декстер Турбо, СЭ	6,3	0,1
Феразим Грин, КС	7,6	0,05
Деларо, КС мин.	4,7	0,25
Деларо, КС макс.	13,6	0,03
Контроль	10,9	0,1
	Достоверных различий нет	Достоверных различий нет

Что касается пшеничного трипса, то ни в один год исследования не удалось получить достоверных изменений численности, за исключением вариантов применения инсектицидов. В связи с отсутствием достоверных различий данных на вариантах применения фунгицидов и наличием на варианте применения инсектицидов можно отметить, что прямое влияние исследованных фунгицидов на пшеничного трипса отсутствует.

Что касается большой злаковой тли, то в 2022 г. на вариантах применения триазолового фунгицида Крестраж, КЭ и бензимидазол-стробилуринового препарата Феразим Грин, КС получены достоверные данные по снижению численности этого вредителя. В 2023 и 2024 гг. низкая численность и слабая заселенность растений большой злаковой тлей не позволили получить достоверные различия на вариантах (включая вариант применения инсектицида) и подтвердить результаты, полученные в 2022 г.

Выводы

Наблюдения за болезнями озимой пшеницы сорта Алая Заря, проводимые с 2016 г., показали, что интенсивность поражения септориозом с 2020 г. снижалась из-за осенних засух 2019–2024 гг. Уменьшение поражения септориозом привело к усилению поражения пшеницы мучнистой росой, бурой ржавчиной и пиренофорозом.

Бензимидазол-стробилуриновый фунгицид Феразим Грин, КС показал меньшую биологическую эффективность в подавлении листостебельных микозов озимой пшеницы по сравнению с более современными препаратами триазоловым Крестраж, КЭ и триазол-стробилуриновым Деларо, КС. Все исследованные препараты существенно снижали поражение пшеницы бурой ржавчиной и мучнистой росой, в то время как в отношении пиренофороза данные показатели оказались низкими.

Исследование действия фунгицидов на сосущих вредителей озимой пшеницы было начато в 2018 г. Получены достоверные данные о снижении численности обыкновенной злаковой тли в пределах 30% при применении триазоловых фунгицидов Прозаро, КЭ и Колосаль Про, КМЭ, триазол-стробилуринового Деларо, КС и бензимидазол-стробилуринового препарата Феразим Грин, КС. По большой злаковой тле в 2022 г. получены достоверные результаты о снижении численности при воздействии триазолового фунгицида Крестраж, КЭ и бензимидазол-стробилуринового препарата Феразим Грин, КС. В 2023 и 2024 гг. из-за низкой заселенности и численности большой злаковой тли не удалось подтвердить результаты 2022 г. Эффективного действия изучаемых фунгицидов на численность пшеничного трипса не выявлено.

Список источников

1. Буга С.Ф., Жуковский А.Г., Крупенько Н.А. Развитие фитопатологических исследований на зерновых культурах в Беларуси // Защита растений. 2023. № 5. С. 9–12. DOI: 10.47612/0135-3705-2021-45-104-115.
2. Голубцов Д.Н., Жижина Е.Ю., Мелькумова Е.А. Эффективность применения многокомпонентных фунгицидов против вредоносных микозов озимой пшеницы // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 3(74). С. 79–86. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_3_79.
3. Голубцов Д.Н., Жижина Е.Ю., Нищук Д.С. и др. Влияние пестицидов на злаковых тлей и их энтомофагов // Актуальные проблемы агрономии современной России и пути их решения: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 105-летию факультета агрономии, агрохимии и экологии (Воронеж, 04–05 декабря 2018 г.). Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2018. Ч. II. С. 140–145.
4. Засорина Э.В., Тысячник М.А. Эффективность осеннего применения фунгицидов на посевах озимой пшеницы в условиях Центрального Черноземья // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 9. С. 62–67.
5. Лысенко Н.Н. Влияние фунгицидов на биоценоотические связи в посевах озимой пшеницы // Биология в сельском хозяйстве. 2017. № 1(14). С. 7–11.
6. Мурзагулова Г.Ш., Гоголева О.А., Мещеров А.Р. и др. Резистентность фитопатогенных грибов *Microdochium nivale* к фунгицидным препаратам // Сохранение и преумножение генетических ресурсов микроорганизмов: сборник тезисов II Всероссийской школы-конференции (Санкт-Петербург, 26–27 июня 2023 г.). Москва: Перо, 2023. С. 65–66.

7. Сафин Р.И., Колесар В.А., Березин К.К. Оценка эффективности применения альбита на озимой пшенице в Республике Татарстан // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2017. Т. 12, № 3(45). С. 46–49. DOI: 10.12737/article_5a1d9443078da1.87433396.
8. Черкашин В.Н., Черкашин Г.В., Коломыцева В.А. Зависимость фитосанитарного состояния озимой пшеницы от сроков сева в Ставропольском крае // Защита и карантин растений. 2018. № 8. С. 14–16. DOI: 10.25930/h8cn-s722.
9. Akhtar S., Van Emden H.F. The effect of the systemic fungicide benomyl on survival and reproduction of the bird cherry aphid (*Rhopalosiphum padi*) // Annals of Applied Biology. 2008. Vol. 120(2). Pp. 245–255. DOI: 10.1111/j.1744-7348.1992.tb03422.x.
10. Alston D.G., Thomson S.V. Effects of fungicide residues on the survival fecundity, and predation of the mites *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Galendromus occidentalis* (Acari: Phytoseiidae) // Journal of Economic Entomology. 2004. Vol. 97(3). Pp. 950–956.
11. Bailiss K.W., Partis G.A., Hodgson C.J. et al. Some effects of benomyl and carbendazim on *Aphis fabae* and *Acyrtosiphon pisum* on field bean (*Vicia faba*) // Annals of Applied Biology. 2008. Vol. 89(3). Pp. 443–449. DOI: 10.1111/j.1744-7348.1978.tb05972.x.
12. Chirgwin E., Yang Q., Umina P.A. et al. Fungicides have transgenerational effects on *Rhopalosiphum padi* but not their endosymbionts // Pest Management Science. 2022. Vol. 78(11). Pp. 4709–4718. DOI: 10.1002/ps.7091.
13. Cruz R.A., Zancunio J.C., Lacerda M.Ch. et al. Side-effects of pesticides on the generalist endoparasitoid *Palmistichus elaeis* (Hymenoptera: Eulophidae) // Scientific Reports. 2017. Vol. 7(1). Article No. 1006. DOI: 10.1038/s41598-017-10462-3.
14. Dong B.A. Comprehensive review on toxicological mechanisms and transformation products of tebuconazole: Insights on pesticide management // Science of the Total Environment. 2024. Vol. 908. Article No. 168264. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.168264.
15. Li Ch., Liu Ch. Enantioselective effect of chiral fungicide prothioconazole on *Fusarium graminearum*: Fungicidal activity and DON biosynthesis // Environmental Pollution. 2022. Vol. 307. Article No. 119553. DOI: 10.1016/j.envpol.2022.119553.
16. Nicodemo D., Mingatto F.E., Carvalho A. et al. Pyraclostrobin impairs energetic mitochondrial metabolism and productive performance of silkworm (Lepidoptera: Bombycidae) caterpillars // Journal of Economic Entomology. 2018. Vol. 111(3). Pp. 1369–1375. DOI: 10.1093/jeet/toy060.
17. Partis G.A., Bailiss R.W. The toxicity of some benzimidazole fungicides to the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum* // Annals of Applied Biology. 2008. Vol. 96(2). Pp. 137–142. DOI: 10.1111/j.1744-7348.1980.tb02972.x.
18. Perez L., Hernandez A., Hernandez L. et al. Effect of trifloxystrobin and azoxystrobin on the control of black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) on banana and plantain // Crop Protection. 2002. Vol. 21(1). Pp. 17–23. DOI: 10.1016/S0261-2194(01)00055-2.
19. Singh S., Kumar V., Singh S. et al. Influence of humic acid, iron and copper on microbial degradation of fungicide Carbendazim // Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 2019. Vol. 20. Article No. 101196. DOI: 10.1016/j.bcab.2019.101196.
20. Vickerman G.P. The effect of foliar fungicides on some insect pests of cereals // Proceedings of the 1977 British Crop Protection Conference - Pests and Diseases. 1977. Vol. 1. Pp. 121–128.
21. Woods J.L., Gent D.H. Suppression of hop looper (Lepidoptera: Noctuidae) by the fungicide pyraclostrobin // Journal of Economic Entomology. 2014. Vol. 107(2). Pp. 875–879. DOI: 10.1603/ec13546.
22. Wu Yu., Wang Y., Tong Z. et al. Pyraclostrobin induces developmental toxicity and cardiotoxicity through oxidative stress and inflammation in zebrafish embryos // Environmental Pollution. 2024. Vol. 358. Article No. 124490. DOI: 10.1016/j.envpol.

References

1. Buga S.F., Zhukovsky A.G., Krupenko N.A. Development of researches at phytopathology lab from 1971 to 2021. *Plant Protection*. 2023;5:9-12. DOI: 10.47612/0135-3705-2021-45-104-115. (In Russ.).
2. Golubtsov D.N., Zhizhina E.Yu., Melkumova E.A. Effective use of multicomponent fungicides against harmful winter wheat mycoses. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(3):79-86. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_3_79. (In Russ.).
3. Golubtsov D.N., Zhizhina E.Yu., Nishchuk D.S. et al. The impact of pesticides on the cereal aphids and their entomophages. In: Actual Problems of Agronomy in Modern Russia and Ways to Solve them: Proceedings of the International Research-to-Practice Conference dedicated to the 105th Anniversary of the Faculty of Agronomy, Agrochemistry and Ecology (Voronezh, December 04-05, 2018). Voronezh: Voronezh State Agrarian University Publishers; 2018:140-145. (In Russ.).
4. Zazorina E.V., Tsyachnik M.A. Effectiveness of autumn application of fungicides on winter wheat crops in the Central Chernozem Region. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2020;9:62-67. (In Russ.).
5. Lysenko N.N. Effect of fungicides on biocenotic communications in crops of winter wheat. *Agricultural Biology*. 2017;1(14):7-11. (In Russ.).
6. Murzagulova G.Sh., Gogoleva O.A., Meshcheryov A.R. et al. Resistance of phytopathogenic *Microdochium nivale* fungi to fungicidal drugs. In: Preservation and Multiplication of Genetic Resources of Microorganisms: Collection of Abstracts of the 2nd All-Russian School-Conference (St. Petersburg, June 26-27, 2023). Moscow: Pero Publishers; 2023:65-66. (In Russ.).
7. Safin R.I., Kolesar V.A., Berезин K.K. Evaluation of Albit application efficiency on winter wheat in the Republic of Tatarstan. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2017;12(3):46-49. DOI: 10.12737/article_5a1d9443078da1.87433396. (In Russ.).

8. Cherkashin V.N., Cherkashin G.V., Kolomytseva V.A. Dependence of the phytosanitary state of winter wheat on the timing of planting in the Stavropol Region. *Plant Protection and Quarantine*. 2018;8:14-16. DOI: 10.25930/h8cn-s722. (In Russ.).
9. Akhtar S., Van Emden H.F. The effect of the systemic fungicide benomyl on survival and reproduction of the bird cherry aphid (*Rhopalosiphum padi*). *Annals of Applied Biology*. 2008;120(2):245-255. DOI: 10.1111/j.1744-7348.1992.tb03422.x.
10. Alston D.G., Thomson S.V. Effects of fungicide residues on the survival fecundity, and predation of the mites *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Galendromus occidentalis* (Acari: Phytoseiidae). *Journal of Economic Entomology*. 2004;97(3):950-956.
11. Bailiss K.W., Partis G.A., Hodgson C.J. et al. Some effects of benomyl and carbendazim on *Aphis fabae* and *Acyrtosiphon pisum* on field bean (*Vicia faba*). *Annals of Applied Biology*. 2008;89(3):443-449. DOI: 10.1111/j.1744-7348.1978.tb05972.x.
12. Chirgwin E., Yang Q., Umina P.A. et al. Fungicides have transgenerational effects on *Rhopalosiphum padi* but not their endosymbionts. *Pest Management Science*. 2022;78(11):4709-4718. DOI: 10.1002/ps.7091.
13. Cruz R.A., Zancunio J.C., Lacerda M.Ch. et al. Side-effects of pesticides on the generalist endoparasitoid *Palmistichus elaeis* (Hymenoptera: Eulophidae). *Scientific Reports*. 2017;7(1):1006. DOI: 10.1038/s41598-017-10462-3.
14. Dong B.A. Comprehensive review on toxicological mechanisms and transformation products of tebuconazole: Insights on pesticide management. *Science of the Total Environment*. 2024;908:168264. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.168264.
15. Li Ch., Liu Ch. Enantioselective effect of chiral fungicide prothioconazole on *Fusarium graminearum*: Fungicidal activity and DON biosynthesis. *Environmental Pollution*. 2022;307:119553. DOI: 10.1016/j.envpol.2022.119553.
16. Nicodemo D., Mingatto F.E., Carvalho A. et al. Pyraclostrobin impairs energetic mitochondrial metabolism and productive performance of silkworm (Lepidoptera: Bombycidae) caterpillars. *Journal of Economic Entomology*. 2018;111(3):1369-1375. DOI: 10.1093/jee/ty060.
17. Partis G.A., Bailiss R.W. The toxicity of some benzimidazole fungicides to the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum*. *Annals of Applied Biology*. 2008;96(2):137-142. DOI: 10.1111/j.1744-7348.1980.tb02972.x.
18. Perez L., Hernandez A., Hernandez L. et al. Effect of trifloxystrobin and azoxystrobin on the control of black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) on banana and plantain. *Crop Protection*. 2002;21(1):17-23. DOI: 10.1016/S0261-2194(01)00055-2.
19. Singh S., Kumar V., Singh S. et al. Influence of humic acid, iron and copper on microbial degradation of fungicide Carbendazim. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2019;20:101196. DOI: 10.1016/j.bcab.2019.101196.
20. Vickerman G.P. The effect of foliar fungicides on some insect pests of cereals. *Proceedings of the 1977 British Crop Protection Conference - Pests and Diseases*. 1977;1:121-128.
21. Woods J.L., Gent D.H. Suppression of hop looper (Lepidoptera: Noctuidae) by the fungicide pyraclostrobin. *Journal of Economic Entomology*. 2014;107(2):875-879. DOI: 10.1603/ec13546.
22. Wu Yu., Wang Y., Tong Z. et al. Pyraclostrobin induces developmental toxicity and cardiotoxicity through oxidative stress and inflammation in zebrafish embryos. *Environmental Pollution*. 2024;358:124490. DOI: 10.1016/j.envpol.

Информация об авторах

Е.Ю. Тютинина – аспирант кафедры земледелия и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», katy.zhizhina@yandex.ru.

Е.А. Мелькумова – доктор биологических наук, профессор кафедры земледелия и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», zemledelel@agronomy.vsu.ru.

Д.Н. Голубцов – кандидат биологических наук, доцент кафедры земледелия и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», dima.golubtsov@gmail.com.

А.Ф. Клишкин – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», aklimkin.73@yandex.ru.

Information about the authors

E.Yu. Tyutina, Postgraduate Student, the Dept. of Soil Management and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, katy.zhizhina@yandex.ru.

E.A. Melkumova, Doctor of Biological Sciences, Professor, the Dept. of Soil Management and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, zemledelel@agronomy.vsu.ru.

D.N. Golubtsov, Candidate of Biological Sciences, Docent, the Dept. of Soil Management and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, dima.golubtsov@gmail.com.

A.F. Klimkin, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Soil Management and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, aklimkin.73@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 03.12.2025; одобрена после рецензирования 10.01.2026; принята к публикации 12.01.2026.

The article was submitted 03.12.2025; approved after reviewing 10.01.2026; accepted for publication 12.01.2026.

© Тютинина Е.Ю., Мелькумова Е.А., Голубцов Д.Н., Клишкин А.Ф., 2026

4.1.3. АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗАЩИТА И
КАРАНТИН РАСТЕНИЙ (СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 632.914:632.92:632.4.01/.08:004.942

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2026_1_43

EDN: TAWMRD

**Обоснование метода выбора стратегии
фунгицидной защиты картофеля от фитофтороза****Наталья Александровна Гасратова^{1✉}, Ольга Игоревна Якушева²**¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия² Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,
Московская область, Большие Вяземы, Россия¹ n.gasratova@spbu.ru, gasratova_na@mail.ru✉

Аннотация. Наиболее вредоносными патогенами в сельском хозяйстве являются грибы и оомицеты, так как представляют постоянную угрозу глобальной продовольственной безопасности. Только род *Phytophthora* содержит более 200 видов, включая возбудителя фитофтороза картофеля *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, который являясь грибоподобным микроорганизмом, вызывает фитофтороз – серьезное заболевание картофеля, негативно влияющее на урожайность культуры. Степень поражения ботвы картофеля тесно связана с урожайностью: при сильном ее поражении недобор урожая может достигать 70%. Для снижения риска возникновения заболевания агрономы прибегают к рутинной схеме обработок фунгицидами (каждые 7–10 дней), что приводит к увеличению материальных затрат и экологической нагрузки на окружающую среду. Отмечено, что систематическое применение химических препаратов вызывает у патогена развитие резистентности. Необходимо искать альтернативные способы решения проблемы, например применять методы математического моделирования процесса развития фитофтороза. В Европе после объединения в ассоциацию специалистов, занимающихся вопросами фитофтороза и альтернариоза, была создана платформа EuroBlight для выработки приемов борьбы с этими заболеваниями. Результаты исследований членов ассоциации по оценке поражения картофеля фитофторозом, а также по изучению эффективности систем применения фунгицидов для защиты урожая (Великобритания, 2013 г.) были взяты в представляемой работе как валидационные. Благоприятные дни для развития патогена рассчитаны по архивным метеорологическим данным, при этом подбор схем опрыскивания обычно производится в ходе натурного эксперимента. Предлагается метод имитационного моделирования воздействия препарата на развитие фитофтороза, который может помочь более эффективно планировать натурный эксперимент и выбирать рациональные схемы опрыскивания. Данный способ прогнозирования степени поражения ботвы при фунгицидных опрыскиваниях может применяться при проектировании схем химической защиты, а также при разработке алгоритмов оценки потерь урожая.

Ключевые слова: картофель, фитофтороз, фунгициды, схема защиты, имитационная модель, математическая модель, площадь под кривой развития болезни (ПКРБ)

Для цитирования: Гасратова Н.А., Якушева О.И. Обоснование метода выбора стратегии фунгицидной защиты картофеля от фитофтороза // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, № 1(88). С. 43–50. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_43-50.

4.1.3. AGROCHEMISTRY, AGRONOMIC SOIL SCIENCE, PLANT
PROTECTION AND QUARANTINE (AGRICULTURAL SCIENCES)

Original article

**Substantiation of the method of choosing a strategy
for fungicidal protection of potato against late blight****Natalya A. Gasratova^{1✉}, Olga I. Yakusheva²**¹ Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia² All-Russian Research Institute of Phytopathology, Moscow Oblast, Bolshie Vyazemy, Russia¹ n.gasratova@spbu.ru, gasratova_na@mail.ru✉

Abstract. The most harmful pathogens in agriculture are fungi and oomycetes, as they pose a constant threat to global food security. The *Phytophthora* genus alone contains more than 200 species, including *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, the potato blight pathogen, which is a fungal microorganism that causes late blight, a serious potato disease that negatively affects crop yields. The degree of damage to potato tops is closely related to yield: with severe damage to the tops, harvest deficiency can reach 70%. To reduce the risk of infection, agronomists consider a routine scheme of fungicide treatments (every 7-10 days), which leads to increased material costs and ecological burden on the environment. It is noted that the systematic use of chemicals causes resistance in the pathogen. It is necessary to look for alternative ways to solve the problem, for example, to apply

methods of mathematical modeling of the late blight development process. In Europe, after joining the association of specialists dealing with late blight and early blight, the EuroBlight platform was created to formulate disease-fighting techniques. The research results of the association's members on the assessment of late blight damage to potato, as well as on the effectiveness of fungicide application systems for crop protection (Great Britain, 2013) were taken as validation matrix in the presented work. Favorable days for the development of the pathogen are calculated based on archived meteorological data, while the selection of spraying schemes is usually carried out during field experiments. A method for simulating the effect of a drug on the development of late blight is proposed, which can help to plan field experiments more effectively and choose rational spraying schemes. The proposed method for predicting the degree of damage to tops during fungicidal spraying can be used in the design of chemical protection schemes, as well as in the development of algorithms for assessing crop losses.

Keywords: potato, late blight, fungicides, protection scheme, simulation model, mathematical model, area under disease progress curve (AUDPC)

For citation: Gasratova N.A., Yakusheva O.I. Substantiation of the method of choosing a strategy for fungicidal protection of potato against late blight. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(1):43-50. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_43-50.

Введение

Как известно, защита растений от болезней и вредителей важна для повышения эффективности земледелия, так как несвоевременное выявление вредителей и болезней приводит к снижению урожайности (может достигать 30–50%), а в отдельных случаях – к полной гибели посевов. Значение защитных мер особенно возрастает в условиях концентрации и специализации сельскохозяйственного производства.

В течение многих десятилетий в мероприятиях по защите сельскохозяйственных растений от вредителей и болезней в качестве радикального и универсального средства преобладал химический метод. Однако массовое применение пестицидов показало не только их преимущества и перспективность, но и серьезные недостатки. По мере стремительной интенсификации сельскохозяйственного производства и расширения ассортимента применяемых химических средств защиты растений все чаще отмечается резистентность, т.е. устойчивость к ним вредных организмов.

В современных условиях производство сельскохозяйственной продукции сопряжено с применением таких химических средств защиты, как фунгициды, которые имеют не только разные категории токсичности, но и различную эффективность. Фунгициды – это группа пестицидов, которые способны полностью или частично подавлять развитие возбудителей болезней растений. Целесообразность применения фунгицидов несомненна: они повышают урожайность за счет снижения потерь от болезней, улучшают качество продукции (здоровые растения имеют лучший вкус и товарный вид), а также позволяют увеличить сроки хранения продукции за счет уменьшения ее порчи.

Сохранение баланса между производством безопасной, качественной продукции в достаточном объеме и применением препаратов химической защиты растений является актуальной задачей. Одним из наиболее вредоносных патогенов в сельском хозяйстве является фитофтороз – заболевание, продуцируемое оомицетом *Phytophthora infestans* и негативно влияющее на урожайность картофеля и томатов [16]. Вредоносность фитофтороза заключается в уменьшении ассимилирующей поверхности листьев, что отражается на процессе образования и накопления питательных веществ, особенно в период клубнеобразования. Степень поражения ботвы картофеля тесно связана с урожайностью. При сильном поражении ботвы недобор урожая может достигать 70%.

В производстве картофеля для получения высокого урожая необходимо применять эффективную систему защиты против различных заболеваний, в том числе против фитофтороза. Среди стратегий борьбы [4] следует отметить фунгицидные обработки. Опрыскивание растений картофеля пестицидами может быть как рутинным (регулярно через равные промежутки времени) [15], так и ситуативным (в зависимости от прогноза погоды) [14]. В обоих случаях можно использовать различные химические средства защиты растений, которые могут отличаться как по периоду действия [2], так и эффективностью [9, 19]. Кроме того, что обработки растений картофеля увеличивают общие

материальные расходы, повышается уровень резистентности патогена по отношению к препаратам, а также возрастает нагрузка на окружающую среду. С течением времени некоторые фунгициды выводятся из обращения, так как обнаруживается их токсическое влияние на человека [11]. В данной работе рассмотрены различные схемы фунгицидной обработки растений в период вегетации.

Одним из эффективных инструментов прогнозирования развития фитофтороза является математическое моделирование. Существуют разнотипные модели возникновения и прогрессирования рассматриваемого заболевания [20, 21], которые внедрены в различные системы поддержки принятия решений (СППР). Список таких систем опубликован на платформе EuroBlight [12]. В основном такие системы предсказывают возникновение фитофтороза и дают рекомендации по началу мероприятий по химической защите растений, при этом выбор фунгицида не вполне очевиден. Математические модели развития фитофтороза картофеля, внедренные в СППР, в которых учитывалась бы фунгицидная обработка, в открытых источниках не найдены.

Материалы и методы

Рассмотрены различные схемы опрыскивания растений в зависимости от эффективности подавления развития болезни фунгицидами с учетом модели «потребитель – ресурс» на линейном ареале [17] и данных научного общества EuroBlight [13]. Сравниваются стратегии обработок и алгоритм моделирования влияния фунгицидных обработок на степень поражения ботвы картофеля.

1. В модифицированной модели [17] все числовые параметры выбираются таким образом, чтобы степень развития фитофтороза без обработок совпадала с контрольными данными натурных наблюдений. Результаты моделирования сравнивались с данными за 2013 г., полученными в результате эксперимента в Великобритании (Auchincruive Estate, Ауг) [13].

Степень развития фитофтороза описывается системой дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} = \beta u \left(F_{drug}(t) \frac{v}{v+a} - \frac{u}{s} \right) + R \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}, \\ \frac{\partial v}{\partial t} = -cu \left(\frac{v}{v+a} \right) \end{cases},$$

где $u(t, x)$ – переменная, описывающая степень развития фитофтороза;

$v(t, x)$ – доля непораженной фитофторозом ботвы, соответственно

$P = 1 - v(t, x)$ – степень поражения ботвы фитофторозом (измеряется в долях);

R – коэффициент, характеризующий подвижность «потребителя» (скорость распространения по территории);

$F_{drug}(t) = \begin{cases} K & \text{при } t \in [t_1, t_2], \\ 1 & \text{при } t \notin [t_1, t_2] \end{cases}$ – функция подавления развития фитофтороза (опрыскивание фунгицидом);

t_1 – день начала действия фунгицида;

t_2 – предполагаемый день окончания действия фунгицида;

K – коэффициент эффективности препарата, который варьирует от 0 (полное подавление развития фитофтороза) до 1 (полное отсутствие подавления развития фитофтороза). Коэффициент эффективности препарата на основе действующего вещества манкоцеба (Dithane) определялся численно.

2. На базе архивных погодных данных определялись сроки внесения фунгицида:

а) рутинное опрыскивание (через равные промежутки времени, что соответствует натурному эксперименту);

б) ситуативное опрыскивание (которое требует знания основных погодных характеристик: минимальная и максимальная суточная температура и наличие осадков за сутки).

Расчет благоприятных дней для развития фитофтороза в период вегетации картофеля и даты проведения необходимых обработок произведен по алгоритму А.В. Филиппова [7]. Итоговый результат определения дат обработок представлен в таблице 1.

Таблица 1. Даты обработок по рутинной схеме в 2013 г. [12] и рассчитанные по алгоритму А.В. Филиппова за 2013 г.

Рутинные обработки EuroBlight		Расчеты обработок по алгоритму А.В. Филиппова			
		Срок защиты препарата 7 дней		Срок защиты препарата 10 дней	
Месяц	День	Месяц	День	Месяц	День
Июль	3	Июль	1	Июль	22
	10		22		31
	17		28		
	24				
	31				
Август	8	Август	3	Август	9
	16		9		18
	23		15		27
	30		21		
			27		
Сентябрь	6	Сентябрь	2	Сентябрь	5
	14		8		14
	21		14		23
	28		20		
			26		

В таблице 1 указаны даты рутинных обработок согласно отчету EuroBlight за 2013 г. [13] и даты избирательных обработок в связи с погодными условиями и заявленной длительностью действия препарата. Отметим, что при численном моделировании с 3 июля по 25 сентября дни пронумерованы от 0 до 53. Кроме того, рассчитаны сроки и количество обработок по алгоритму А.В. Филиппова при различной длительности действия препарата (7 и 10 дней).

Ввиду того, что в 2013 г. в Великобритании погодные условия сложились благоприятными для развития фитофтороза, количество обработок по алгоритму А.В. Филиппова сравним с количеством рутинных обработок.

Результаты и их обсуждение

На рисунке 1 представлен в графическом виде итог численного моделирования.

Лучшее приближение к натурному эксперименту при обработке препаратом Dithane достигается при длительности действия препарата 7 дней и коэффициенте эффективности 0,223. Полученный результат обусловлен тем, что интенсивность подавления развития фитофтороза препаратом может быть неравномерной в период применения [3].

Следует отметить, что действующим веществом в препарате Dithane является манкоцеб (Mancozeb), продукт распада которого этилентеиомочевина (ЭТУ) представляет серьезную токсикологическую проблему, на основании чего запрещен в странах Европы [1, 10, 19]. В настоящее время идет активный поиск иных препаратов или схем опрыскивания на основе менее токсичных фунгицидов.

Различные комбинации препаратов с различной эффективностью подавления фитофтороза в одной схеме химической защиты растений рассмотрены и проанализированы в работе М.Ш. Тагирова и З.З. Салиховой [5].

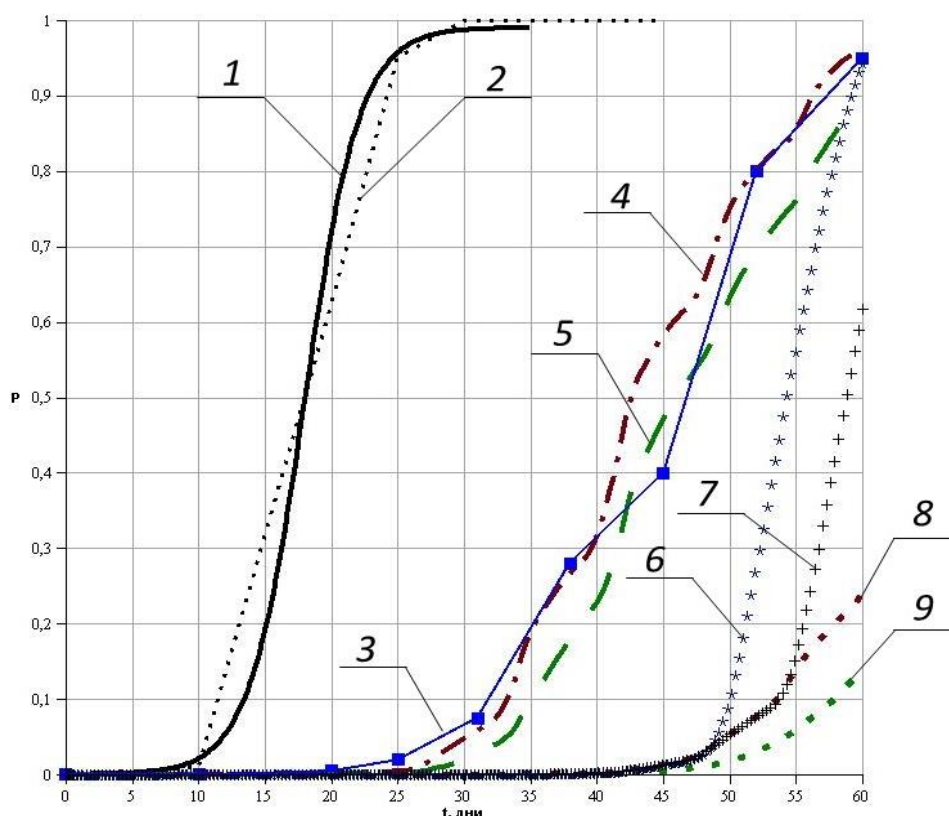


Рис. 1. Результаты имитационного моделирования степени поражения ботвы картофеля в сравнении с натурными данными (УК 2013 [13]). Числовые параметры модели $\beta = 1,4$; $\alpha = 0,05$; $R = 0,0001$; $c = 0,115$. 1 – результат моделирования без обработки; 2 – данные УК 2013; 3 – данные УК 2013, обработка Dithane; 4 – моделирование рутинной обработки при $D = 6$, $K = 0,1$; 5 – моделирование рутинной обработки при $D = 7$, $K = 0,223$; 6 – моделирование обработок по Филиппову при $D = 6$, $K = 0,1$ (исключены обработки 20, 26 сентября); 7 – моделирование обработок по Филиппову при $D = 6$, $K = 0,1$ (исключены обработки 20 сентября); 8 – моделирование обработок по Филиппову при $D = 6$, $K = 0,1$; 9 – моделирование обработок по Филиппову при $D = 7$, $K = 0,223$

При моделировании коэффициент эффективности действия препарата $D = (t_2 - t_1)$ рассматривался в пределах от 0 до 0,223. По результатам анализа данных отчета EuroBlight за 2013 г. [13] можно сделать вывод, что препарат Dithane не является самым эффективным (что также согласуется с результатами, приведенными В.И. Халаевой и И.Г. Волчкевич [8]), поэтому $K = 0,223$ будем считать предельным.

Рассмотрены несколько схем опрыскивания (табл. 2). Во всех случаях срок действия препарата составлял 7 дней при различных коэффициентах эффективности действия препаратов. Рассмотрены рутинные сроки внесения фунгицидов. Начальный срок опрыскивания – 31 июня (перед началом активного развития фитофтороза [6]).

Таблица 2. Схемы опрыскивания при различной эффективности препарата. Расчетный результат по степени поражения ботвы и площади под кривой развития заболевания (AUDPC)

Схемы моделей	Значения эффективности препарата (коэффициент K) по датам опрыскивания									Итоговое поражение ботвы, P , %	AUDPC
	31.06	8.07	16.07	23.07	30.07	06.09	14.09	21.09	28.09		
1	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	40	325
2	0,223	0,223	0,223	0,223	0,223	0,223	0,223	0,223	0,223	88	1350
3	0,156	0,156	0,156	0,156	0,156	0,156	0,156	0,156	0,156	64	825
4	0,223	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,223	0,223	58	550
5	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,156	0,156	0,156	0,156	51	500
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	10
7	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	25	200

AUDPC (Area Under the Disease Progress Curve) – это количественный показатель интенсивности заболевания растений с течением времени, который используется в патологии растений для оценки и сравнения тяжести заболеваний у разных сортов или генотипов, помогает разрабатывать эффективные практики управления заболеваниями для сортов с разными уровнями устойчивости.

Результаты моделирования предложенных схем опрыскивания в графическом виде представлены на рисунке 2.

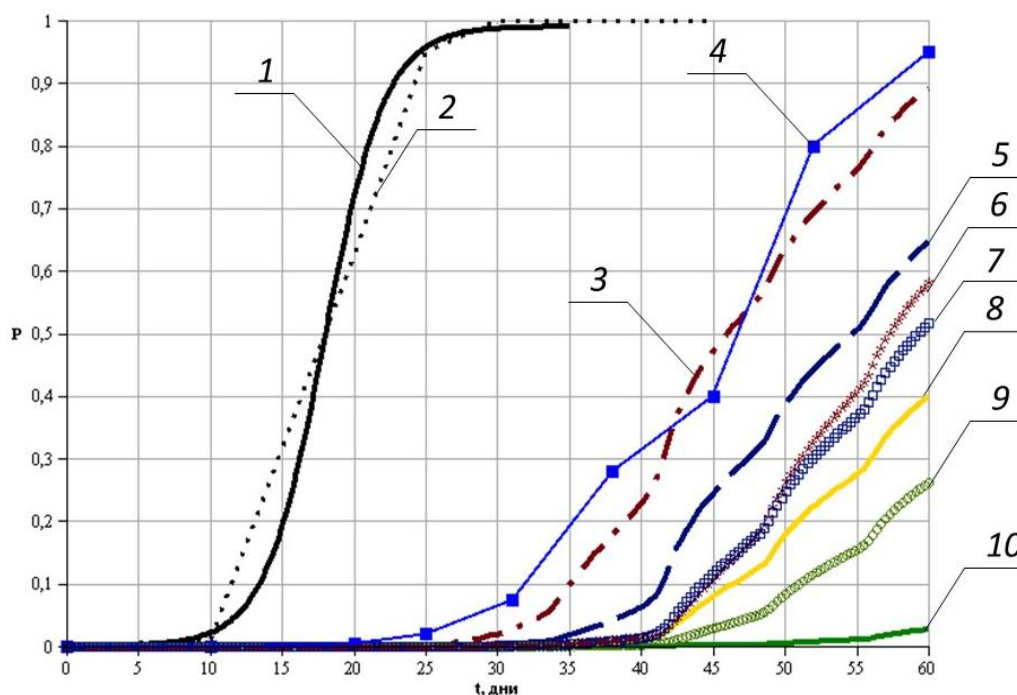


Рис. 2. Результаты имитационного моделирования степени поражения ботвы картофеля при различной эффективности фунгицида по схемам обработки: 1 – результат моделирования без обработки; 2 – данные UK 2013; 3 – моделирование рутинной обработки при $D = 7$, $K = 0,223$; 4 – данные UK 2013, обработка Dithane; 5 – моделирование рутинной обработки при $D = 7$, $K = 0,156$; 6 – моделирование рутинной обработки (схема 4); 7 – моделирование рутинной обработки (схема 5); 8 – моделирование рутинной обработки при $D = 7$, $K = 0,1$; 9 – моделирование рутинной обработки при $D = 7$, $K = 0,07$; 10 – моделирование рутинной обработки при $D = 7$, $K = 0$

Анализ данных моделирования химической защиты растений при рутинной обработке разными по интенсивности защиты препаратами, но одинаковыми по длительности действия (7 дней) показывает, что препаратами типа Dithane можно добиться следующих результатов:

- существенно снижать поражение ботвы в комбинации с другими препаратами;
- вести обработку фунгицидами с учетом погодных условий.

Зная время посадки, характеристики сорта и начало развития фитофтороза, можно прогнозировать потери урожая [18]. Наиболее простым является метод, предложенный А.В. Филипповым [7], основанный на известной гипотезе о прямой корреляции между площадью под кривой, описывающей динамику фитофтороза (AUDPC), и потерями урожая картофеля. Указанный показатель в наибольшей мере характеризует степень развития болезни в целом за сезон (особенно при сравнении различных схем защитных опрыскиваний картофеля или фитофтороустойчивости сортов).

Таким образом, предложенный способ прогнозирования степени поражения ботвы при фунгицидных опрыскиваниях может применяться при проектировании схем химической защиты с целью выбора оптимальных комбинаций препаратов, а также при разработке алгоритмов оценки потерь урожая.

Список источников

1. Ерохова М.Д., Кузнецова М.А. Аспекты интегрированной защиты картофеля от болезней в современных условиях устойчивой интенсификации сельского хозяйства Европы // Биосфера. 2022. Т. 14, № 3. С. 163–167. DOI: 10.24855/biosfera.v14i3.691.
2. Котиков М.В., Котикова Е.Е., Косенков А.С. Эффективность современной схемы защиты картофеля от фитофтороза на разных сортах // Защита и карантин растений. 2016. № 4. С. 27–28.
3. Кузнецова М.А., Рогожин А.Н., Демидова В.Н. и др. Эффективная защита картофеля от болезни различной этиологии в условиях Московской области // Аграрная наука. 2019. № 3. С. 49–53. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-326-3-49-53.
4. Мельникова Е.С., Мелькумова Е.А. Основные вредоносные болезни картофеля в Центральном Черноземье и пути их ограничения // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2024. Т. 17, № 1(80). С. 32–41. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2024_1_32–41.
5. Тагиров М.Ш., Салихова З.З. Эффективность схем защиты картофеля от фитофтороза // Достижения науки и техники АПК. 2009. № 12. С. 20–22.
6. Филиппов А.В. Оптимизация выбора фунгицидов и сроков их применения для борьбы с фитофторозом картофеля // Защита и карантин растений. 2011. № 4. С. 56–57.
7. Филиппов А.В. Фитофтороз картофеля // Защита и карантин растений. 2012. № 5 (приложение). С. 61–88.
8. Филиппов А.В., Кузнецова М.А., Рогожин А.Н. и др. Ключевые биометеорологические факторы для оценки потерь урожая картофеля от фитофтороза // Достижения науки и техники АПК. 2018. № 3. С. 21–23.
9. Халаева В.И., Волчкевич И.Г. Изучение чувствительности оомицета *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary к действующим веществам фунгицидов // Защита растений. 2021. № 45. С. 168–175. DOI: 10.47612/0135-3705-2021-45-168-175.
10. Человечкова В.В., Комарова А.С. Деградация манкоцеба в ягодах и соке винограда // Плодородие. 2024. № 1. С. 63–65. DOI: 10.25680/S19948603.2024.136.16.
11. Ben Naim Y., Cohen Y. Replacing Mancozeb with Alternative Fungicides for the Control of Late Blight in Potato // Journal of Fungi. 2023. Vol. 9(11). Article No. 1046. DOI: 10.3390/jof9111046.
12. EuroBlight. A potato late blight network for Europe. URL: <https://agro.au.dk/forskning/internationale-plattform/euroblight/> (дата обращения: 11.09.2025).
13. Evenhuis A., Bain R., Hausladen H. et al. Fungicide evaluation to rate efficacy to control leaf late blight for the EuroBlight table // Wageningen Research. 2017. Report 3750328100.
14. Filippov A.V., Kuznetsova M.A., Rogozhin A.N. et al. Development and testing of a weather-based model to determine potential yield losses caused by potato late blight and optimize fungicide application // Frontiers of Agricultural Science and Engineering. 2018. Vol. 5(4). Pp. 462–468. DOI: 10.15302/J-FASE-2018239.
15. Filippov A.V., Kuznetsova M.A., Yakusheva O.I. et al. Minimization of Fungicidal Applications Against Potato Late Blight in the North Caucasian Region: Use of the “Agrodozor” System // International Scientific and Practical Conference “AgroSMART – Smart Solutions for Agriculture” (Tyumen, July 16–19, 2019). Tyumen: Knowledge E. Publishers, 2019. Pp. 884–892.
16. Fry W. *Phytophthora infestans*: the plant (and R gene) destroyer // Molecular Plant Pathology. 2008. Vol. 9(3). Pp. 385–402. DOI: 10.1111/j.1364-3703.2007.00465.x.
17. Gasratova N., Pashkova D. Application of a modified mathematical model “consumer – resource” to justify the periods of treatment of potato late blight with fungicides // IX International Conference on Advanced Agritechnologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-IX 2023) (Namangan, Uzbekistan, October 26 – November 03, 2023). E3S Web of Conferences. 2024. EDP Sciences - Web of Conferences Publishers, 2024. Vol. 486. Article No. 03012. DOI: 10.1051/e3sconf/202448603012.
18. González-Jiménez J., Andersson B., Wiik L. et al. Modelling potato yield losses caused by *Phytophthora infestans*: Aspects of disease growth rate, infection time and temperature under climate change // Field Crops Research. 2023. Vol. 299. Article No. 108977. DOI: 10.1016/j.fcr.2023.108977.
19. Kilonzi J.M., Nyongesa M.W., Amata R.L. et al. Combined effects of fungicides formulations and potato varieties on late blight management, yield and net farm income in Kenya // European Journal of Plant Pathology. 2024. Vol. 169(2). Pp. 625–642. DOI: 10.1007/s10658-024-02862-9.
20. Narouei-Khandan H.A., Shakya S.K., Garrett K.A. et al. BLIGHTSIM: A new potato late blight model simulating the response of *Phytophthora infestans* to diurnal temperature and humidity fluctuations in relation to climate change // Pathogens. 2020. Vol. 9(8). Article No. 659. DOI: 10.3390/pathogens9080659.
21. Van Oijen M. Selection and use of a mathematical model to evaluate components of resistance to *Phytophthora infestans* in potato // Netherlands Journal of Plant Pathology. 1992. Vol. 98. Pp. 192–202.

References

1. Erokhova M.D., Kuznetsova M.A. Aspects of integrated disease management for potato under current conditions of sustainable intensification of agriculture of Europe. *Biosfera*. 2022;14(3):163-167. DOI: 10.24855/biosfera.v14i3.691. (In Russ.).
2. Kotikov M.V., Kotikova E.E., Kosenkov A.S. Efficiency of the modern scheme of potato protection against the late blight on different varieties. *Plant Protection and Quarantine*. 2016;4:27-28. (In Russ.).
3. Kuznetsova M.A., Rogozhin A.N., Demidova V.N. et al. Efficient protection of potato from diseases of various etiology under conditions of the Moscow region. *Agrarian Science*. 2019;3:49-53. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-326-3-49-53. (In Russ.).

4. Melnikova E.S., Melkumova E.A. Most common harmful potato diseases in the Central Chernozem Region and means for their limitation. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2024;17(1):32-41. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2024_1_32-41. (In Russ.).
5. Tagirov M.Sh., Salikhova Z.Z. Effectiveness of late blight protection schemes for potato. *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*. 2009;12:20-22. (In Russ.).
6. Filippov V.V. Optimization of the fungicides selection and time of their application to control late blight of potato. *Plant Protection and Quarantine*. 2011;4:56-57. (In Russ.).
7. Filippov A.V. Potato late blight. *Plant Protection and Quarantine*. 2012;5(Suppl.):61-88. (In Russ.).
8. Filippov A.V., Kuznetsova M.A., Rogozhin A.N. et al. Key biometeorological factors for estimating potato yield losses caused by late blight. *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*. 2018;32(3):21-23. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10304. (In Russ.).
9. Khalaeva V.I., Volchkevich I.G. Study of oomycete *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary sensitivity to fungicide active ingredients. *Plant Protection*. 2021;45:168-175. DOI: 10.47612/0135-3705-2021-45-168-175. (In Russ.).
10. Chelovechkova V.V., Komarova A.S. Degradation of mancozeb in grapes and grape juice. *Plodorodie*. 2024;1:63-65. DOI: 10.25680/S19948603.2024.136.16. (In Russ.).
11. Ben Naim Y., Cohen Y. Replacing Mancozeb with Alternative Fungicides for the Control of Late Blight in Potato. *Journal of Fungi*. 2023;9(11):1046. DOI: 10.3390/jof9111046.
12. EuroBlight. A potato late blight network for Europe. URL: <https://agro.au.dk/forskning/internationale-platforme/euroblight/>.
13. Evenhuis A., Bain R., Hausladen H. et al. Fungicide evaluation to rate efficacy to control leaf late blight for the EuroBlight table. *Wageningen Research*. 2017. Report 3750328100.
14. Filippov A.V., Kuznetsova M.A., Rogozhin A.N. et al. Development and testing of a weather-based model to determine potential yield losses caused by potato late blight and optimize fungicide application. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*. 2018;5(4):462-468. DOI: 10.15302/J-FASE-2018239.
15. Filippov A.V., Kuznetsova M.A., Yakusheva O.I. et al. Minimization of Fungicidal Applications Against Potato Late Blight in the North Caucasian Region: Use of the "Agrodozor" System. In: International Scientific and Practical Conference "AgroSMART – Smart Solutions for Agriculture" (Tyumen, July 16-19, 2019). Tyumen: Knowledge E. Publishers; 2019:884-892.
16. Fry W. *Phytophthora infestans*: the plant (and R gene) destroyer. *Molecular Plant Pathology*. 2008;9(3):385-402. DOI: 10.1111/j.1364-3703.2007.00465.x.
17. Gasratova N., Pashkova D. Application of a modified mathematical model "consumer – resource" to justify the periods of treatment of potato late blight with fungicides. In: IX International Conference on Advanced Agritechnologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-IX 2023) (Namangan, Uzbekistan, October 26 – November 03, 2023). E3S Web of Conferences. 2024. EDP Sciences - Web of Conferences Publishers. 2024;486:03012. DOI: 10.1051/e3sconf/202448603012.
18. González-Jiménez J., Andersson B., Wiik L. et al. Modelling potato yield losses caused by *Phytophthora infestans*: Aspects of disease growth rate, infection time and temperature under climate change. *Field Crops Research*. 2023;299:108977. DOI: 10.1016/j.fcr.2023.108977.
19. Kilonzi J.M., Nyongesa M.W., Amata R.L. et al. Combined effects of fungicides formulations and potato varieties on late blight management, yield and net farm income in Kenya. *European Journal of Plant Pathology*. 2024;169(2):625-642. DOI: 10.1007/s10658-024-02862-9.
20. Narouei-Khandan H.A., Shakya S.K., Garrett K.A. et al. BLIGHTSIM: A new potato late blight model simulating the response of *Phytophthora infestans* to diurnal temperature and humidity fluctuations in relation to climate change. *Pathogens*. 2020;9(8):659. DOI: 10.3390/pathogens9080659.
21. Van Oijen M. Selection and use of a mathematical model to evaluate components of resistance to *Phytophthora infestans* in potato. *Netherlands Journal of Plant Pathology*. 1992;98:192-202.

Информация об авторах

Н.А. Гасратова – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры вычислительных методов механики деформированного тела ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», n.gasratova@spbu.ru, gasratova_na@mail.ru.

О.И. Якушева – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии», o.vladykina@inbox.ru, sodcover@gmail.com.

Information about the authors

N.A. Gasratova, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Docent, the Dept of Computational Methods in Continuum Mechanics, Saint Petersburg State University, n.gasratova@spbu.ru, gasratova_na@mail.ru.

O.I. Yakusheva, Candidate of Agricultural Sciences, Research Scientist, All-Russian Research Institute of Phytopathology, o.vladykina@inbox.ru, sodcover@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 15.11.2025; одобрена после рецензирования 26.12.2025; принята к публикации 12.01.2026.

The article was submitted 15.11.2025; approved after reviewing 26.12.2025; accepted for publication 12.01.2026.

© Гасратова Н.А., Якушева О.И., 2026

4.1.3. АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗАЩИТА
И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ (БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 579.64: 632.3.01/08: 632.913.1

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2026_1_51

EDN: TDSCXP

**Сравнительный анализ условий заражения пшеницы и кукурузы
возбудителем бактериальной полосатости и ожога листьев злаков
Acidovorax avenae subsp. *avenae* и оценка пригодности
методов изоляции чистой культуры патогена****Анастасия Андреевна Трошкова^{1✉}, Анастасия Богдановна Яремко²,
Александр Николаевич Игнатов³, Елена Петровна Кононова⁴,
Ольга Юрьевна Словарева⁵**^{1, 2, 4, 5} Всероссийский центр карантина растений, Быково, Россия¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева,
Москва, Россия^{3, 5} Российский университет дружбы народов, Москва, Россия¹ anades13@yandex.ru✉

Аннотация. Возбудитель бактериальной полосатости и ожога листьев злаков *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* (Manns, 1909; Willems et al., 1992) в последние годы характеризуется повышением агрессивности в отношении злаковых культур и расширением своего ареала. Эффективная борьба с этим фитопатогеном требует оптимизации методов выделения возбудителя в чистую культуру и искусственного заражения растений (фитопатологический анализ). Цель данного исследования заключалась в оценке пригодности методов выделения возбудителя из зараженных растений в чистую культуру с помощью различных питательных сред, соответствующей им морфологической характеристике бактериальных колоний *A. avenae* subsp. *avenae* и в оптимизации условий заражения пшеницы и кукурузы возбудителем бактериальной полосатости листьев. Для культивирования патогена испытано 5 питательных сред – ГДМА, МПА, КГА, Кинга В и R2A. Установлено, что среда R2A обеспечивает максимально благоприятные условия для роста бактериальных клеток, с лучшими свойствами для изоляции *A. avenae* subsp. *avenae*. Чистая культура возбудителя легко может быть получена при посеве экстрактов из зараженных растений пшеницы и кукурузы. Колонии *A. avenae* subsp. *avenae* на этой среде хорошо отличимы от колоний сопутствующих бактерий: они блестящие, кремовые, имеют круглую форму, выпуклый профиль, целый край, диаметр 1–5 мм, гладкую поверхность. На кукурузе максимальное проявление типичных симптомов бактериоза в виде увядания и вытянутых некротизированных полос на листьях отмечено только при использовании метода инъекции суспензии в стебель. Выявлена разница в проявлении вирулентности *A. avenae* subsp. *avenae* в отношении растения-хозяина – симптомы бактериоза присутствовали на каждом растении кукурузы с поражением до 100% листовой поверхности, в то время как растения пшеницы были поражены локально и на ограниченном количестве листьев. Разница в проявлении симптомов между использованием суспензии в концентрации 10^6 и 10^8 КОЕ/мл не отмечена.

Ключевые слова: зерновые культуры, морфология бактериальных колоний, молекулярно-генетические методы идентификации, диагностика фитопатогенов, ПЦР, изоляция бактерий, фитосанитарные требования

Финансирование: статья подготовлена по результатам исследования, выполненного в рамках Государственного задания ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»), регистрационный номер ЕГИСУ НИОКТР 124022800055-1.

Для цитирования: Трошкова А.А., Яремко А.Б., Игнатов А.Н., Кононова Е.П., Словарева О.Ю. Сравнительный анализ условий заражения пшеницы и кукурузы возбудителем бактериальной полосатости и ожога листьев злаков *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* и оценка пригодности методов изоляции чистой культуры патогена // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, № 1(88). С. 51–65. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_51-65.

4.1.3. AGRICULTURAL CHEMISTRY, AGRONOMIC SOIL SCIENCE,
PROTECTION AND QUARANTINE OF PLANTS (BIOLOGICAL SCIENCES)

Original article

**Comparative analysis of conditions for infection of wheat and corn with bacterial
leaf stripe, *Acidovorax avenae* subsp. *avenae*, and assessing the suitability
of methods for isolating pure pathogen culture****Anastasia A. Troshkova^{1✉}, Anastasia B. Iaremkina²,
Aleksandr N. Ignatov³, Elena P. Kononova⁴,
Olga Yu. Slovareva⁵**^{1, 2, 4, 5} All-Russian Plant Quarantine Center, Bykovo, Russia¹ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia^{3, 5} People's Friendship University of Russia, Moscow, Russia¹ anades13@yandex.ru✉

Abstract. The causative agent of bacterial leaf stripe/blight of Poaceae plants, *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* (Manns, 1909; Willems et al., 1992), has been characterized in recent years by increased aggressiveness towards cereals and the expansion of its range. Effective control of this phytopathogen requires optimization of methods for isolating the pathogen into pure culture and artificially infecting plants (phytopathological analysis). The purpose of this study was to evaluate the suitability of methods for isolating the pathogen from infected plants into pure culture using various culture media corresponding to morphological characteristics of bacterial colonies of *A. avenae* subsp. *avenae* and to optimize the conditions of infection of wheat and corn with the causative agent of bacterial leaf stripe. For pathogen cultivation, 5 culture media were tested, i.e. YDC, MPA, KGA, King's B, and R2A. It has been established that the R2A medium provides the most favorable conditions for the growth of bacterial cells, with the best properties for isolating *A. avenae* subsp. *avenae*. Pathogen pure culture can easily be obtained by inoculating R2A plates with extracts from infected wheat and corn plants. The colonies of *A. avenae* subsp. *avenae* on R2A were easily distinguishable from those of other bacteria occurred in the analyzed samples: they are shiny, creamy in color, had a round shape with a convex profile, a smooth surface, and a diameter of 1-5 mm. In corn, the maximum expression of typical symptoms of bacterial disease, such as wilting and elongated necrotic streaks on the leaves, was only observed when the suspension was injected into the stem using the specified method. There was a difference in the virulence of *A. avenae* subsp. *avenae* with respect to the host plant. Symptoms of disease were present in each inoculated maize plant, with damage up to 100% of the leaf surface. In contrast, wheat plants were affected only locally and on a limited number of leaves. There was no difference in the manifestation of symptoms between the use of suspension at concentrations of 10^6 and 10^8 CFU/ml.

Keywords: grain crops, morphology of bacterial colonies, molecular genetic identification methods, diagnostics of phytopathogens, PCR, bacterial isolation, phytosanitary requirements

Funding: the paper was prepared based on the results of research carried out as part of State assignment to All-Russian Plant Quarantine Center (FGBU «VNIIPK»), registration number EGISU NIOKTR 124022800055-1.

For citation: Troshkova A.A., Iaremko A.B., Ignatov A.N., Kononova E.P., Slovareva O.Yu. Comparative analysis of conditions for infection of wheat and corn with bacterial leaf stripe, *Acidovorax avenae* subsp. *avenae*, and assessing the suitability of methods for isolating pure pathogen culture. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(1):51-65. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_51-65.

Введение
Фитопатогенная бактерия *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* (Manns, 1909; Willems et al., 1992) [30] вызывает бактериальную полосатость и ожог листьев у многих представителей семейства Злаковые, включая овес (*Avena sativa* L.), пшеницу (*Triticum aestivum* L.), рис (*Oryza sativa* L.), кукурузу (*Zea mays* L.), просо (*Panicum miliaceum* L.) [5] и сахарный тростник (*Saccharum officinarum* L.) [14]. Широкое распространение и усиление поражения злаковых культур возбудителем бактериальной полосатости и ожога листьев злаков в последние годы наблюдаются по всему миру, однако точная причина этого явления не установлена [8]. Бактерии могут быстро развиваться в новых регионах и на новых растениях-хозяевах из-за больших размеров эпифитной популяции и высокого генетического разнообразия, поэтому для разработки эффективных методов диагностики, селекции устойчивых сортов и разработки методов защиты растений требуется более глубокое понимание биологии и генетического разнообразия патогена.

Патоген был первоначально описан как возбудитель полосатости листьев овса в Огайо в 1909 г. и назван *Pseudomonas avenae* (Manns, 1909) [5]. Впоследствии бактерию выделяли из злаковых культур на 5 континентах во многих странах, включая Китай [31], США [11, 12], Корею [18], Иран [27] и др. В 2024 г. впервые было опубликовано сообщение о заболевании листового чая (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze), вызываемом *A. avenae* subsp. *avenae* в Северной Бенгалии и Ассаме (Индия), симптомами которого являлись некрозы коричневого или черного цвета, пропитанные водой по краю поражения [21].

В соответствии с современной классификацией вид *A. avenae* subsp. *avenae* принадлежит роду *Acidovorax*, семейству Comamonadaceae, порядку Burkholderiales, классу Betaproteobacteria, типу Pseudomonadota, царству Pseudomonadati, домену Bacteria. Первоначально патоген определяли как представителя нефлуоресцирующих псевдомонад – *Pseudomonas avenae*, а впоследствии его систематика многократно изменялась [5].

Бактерия аэробная грамотрицательная, имеет вид прямых или слегка изогнутых палочек, подвижная благодаря наличию одного полярного жгутика, редко двух или трех полярных жгутиков [24]. На питательном агаре (Nutritive agar – NA) [10] образует колонии

по форме круглые, полупрозрачные, бело-кремового или желтого цвета с целыми или слегка зубчатыми краями. При оптимальной температуре 30–35 °С колонии *A. avenae* subsp. *avenae* могут достигать диаметра 0,5–3 мм за 3 дня и 4 мм за 7 дней [30].

Бактерия вызывает у злаковых растений симптомы в виде узких продольных некротизированных полос на листьях, от белого до соломенного цвета, и первоначально кажущихся пропитанными водой и полупрозрачными, а также симптомы листового ожога, красной полосатости, стеблевой гнили [14]. Пораженные растения отстают в росте, а затем и вовсе погибают. Отмечено снижение массы початков кукурузы на 10–15% у зараженных растений по сравнению с незараженными [22].

Проявлению симптомов бактериальной полосатости листьев способствует высокая относительная влажность воздуха (> 60%), высокая температура (30–35 °С) и обильные осадки [28]. Источником первичной инфекции служат зараженные семена. Симптомы на семенах не могут быть обнаружены по внешним признакам, что свидетельствует о латентной фазе инфекции.

Известны случаи потери урожая вследствие бактериоза, вызываемого *A. avenae* subsp. *avenae*, достигающие 24,3–36,7%, а в некоторых случаях – 75%, в связи с чем вид регулируется фитосанитарными требованиями [5]. В Российской Федерации *A. avenae* subsp. *avenae* не имеет фитосанитарного статуса и поэтому не регулируется. О распространении бактерии на территории России данные отсутствуют, при этом и злаки культурные (*Avena sativa* L., *Oryza sativa* L., *Zea mays* L., *Triticum aestivum* L., *Sorghum bicolor* L.), и злаки дикорастущие (*Agropyron* Gaertn., *Bromus catharticus* Vahl, *Bromus inermis* Leyss., *Bromus marginatus* Nees ex Steud., *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.) как потенциальные хозяева патогена широко встречаются в различных географических поясах нашей страны.

Отсутствие сведений о распространении, а также стандартных методик выявления и идентификации патогена не позволяют оценить риск при экспорте зерновой продукции из Российской Федерации в страны, регулирующие *A. avenae* subsp. *avenae*. В сложившейся ситуации актуальной является разработка диагностического протокола, одним из обязательных компонентов которого при идентификации бактерий служит метод выделения бактерий в чистую культуру и их фитопатологический анализ. Для культивирования *A. avenae* subsp. *avenae* подходят среды общего назначения: мясопептонный агар (МПА) [10], глюкозо-дрожжевой меловой агар / дрожжевой декстрозно-карбонатный агар (ГДМА) [6, 10], картофельно-глюкозный агар (КГА) [6] и среда Кинга В [6]. В разрабатываемые диагностические протоколы, как правило, включают до двух видов селективных и общих питательных сред, чтобы упростить процесс изоляции. В связи с этим проводят опыты по определению оптимальной среды для изоляции и культивирования патогена. Предпочтение отдают среде, обеспечивающей максимальную скорость роста колоний, простоту отделения колоний целевой бактерии от сопутствующих, при этом важным фактором является обеспечение роста максимального числа бактериальных клеток целевой бактерии в суспензии изучаемого образца (растения, почвы, воды). Сравнительный анализ характеристик сред МПА, КГА, ГДМА и Кинга В для выделения *A. avenae* subsp. *avenae* ранее не проводился. Кроме того, в последнее время для изоляции ряда возбудителей бактериозов зерновых культур, а также для последующего подтверждающего анализа методом MALDI-TOF используется среда R2A [1, 3], которая еще не была апробирована для *A. avenae* subsp. *avenae*.

Цель данного исследования заключалась в оценке пригодности методов выделения возбудителя из зараженных растений в чистую культуру с помощью различных питательных сред и соответствующей им морфологической характеристики бактериальных колоний *A. avenae* subsp. *avenae*, а также в оптимизации условий заражения пшеницы и кукурузы возбудителем бактериальной полосатости листьев.

Методика эксперимента

В качестве объекта исследования выбран типовой штамм *A. avenae* subsp. *avenae* VNIKR-B 0456^T из исследовательской коллекции ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (CFBP 2425^T = ATCC 19860^T; CCUG 15838^T; CIP 106500^T; DSM 7227^T; ICMP 3183^T; JCM 20985^T; LMG 2117^T; NCPPB 1011^T). Исследование проводили в 2024 г.

На агаризованные питательные среды МПА, ГДМА, КГА, модифицированную R2A и агар Кинга В (табл. 1) в четырехкратной повторности высевали по 50 мкл суспензий бактерии в четвертом (1:10000), пятом (1:100000) и шестом (1:1000000) разведении.

Таблица 1. Состав использованных питательных сред общего назначения (pH 7,2)

Компоненты	Среда и содержание компонентов, г/л				
	МПА	ГДМА	КГА	R2A*	Кинга В
Пептон/протеазный пептон	10,0	–	–	0,5	20,0
Дрожжевой экстракт	–	10,0	–	0,5	–
Мясной экстракт	11,0	–	–	–	–
Глюкоза/декстроза	–	20,0	20,0	0,5	–
Глицерин	–	–	–	–	10,0
Казаминовые кислоты / гидролизат казеина	–	–	–	0,5	–
Пируват натрия	–	–	–	0,3	–
Крахмал растворимый/картофельный экстракт	–	–	4,0	0,5	–
CaCO ₃	–	20,0	–	–	–
NaCl	5,0	–	–	–	–
K ₂ HPO ₄ / Na ₂ HPO ₄	–	–	–	0,3	1,5
MgSO ₄ × 7H ₂ O	–	–	–	0,024	1,5
Агар	15,0	20,0	15,0	23,0	14,0

Примечание: * – среда модифицирована увеличением содержания агара с 18 до 23 г/л.

Для приготовления суспензии бактерий использовали 48-ч культуру *A. avenae* subsp. *avenae*. Суспензии бактерии готовили в центрифужных микропробирках типа Эппендорф объемом 1,5 мл, используя стерильную дистиллированную воду. Приготовленные бактериальные суспензии сразу применяли для посева. Посев проводили с помощью шпателя Дригальского. Культуры инкубировали при 25 °C (MIR-254 Cooled Incubator, Panasonic Healthcare Corporation of North America).

Динамику роста бактериальных колоний фиксировали на протяжении 9 суток ежедневно. Описание морфологии колоний выполняли в соответствии с методикой Лавренчук и Ермошина [2]. Однофакторный дисперсионный анализ полученных данных о числе колоний осуществляли с использованием надстроек Microsoft Excel. Для попарного сравнения средних значений числа колоний в зависимости от среды и концентрации высеваемой суспензии проводили апостериорный тест Тьюки-Крамера. Влияние среды на диаметр колоний оценивали путем сравнения общих площадей под кривыми на графике динамики роста колоний.

После подбора оптимальной среды для роста *A. avenae* subsp. *avenae* применяли соответствующую среду для наработки инокулюма и последующего заражения растений пшеницы и кукурузы. Растения выращивали в пластиковых емкостях объемом 10 л, субстрат – торфяная смесь (Veltorf, Россия). В опыте брали по 30 растений на каждый вариант заражения. Растения пшеницы сорта Губернатор Дона (оригинатор – ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр») заражали в фазе кущения, а растения кукурузы сорта Лакомка Белогорья (оригинатор – научное сельскохозяйственное селекционно-семеноводческое ООО «Белкорн») – в фазе 3–5 листьев.

Для заражения готовили водные суспензии *A. avenae* subsp. *avenae* в центрифужных микропробирках, доводя их до концентрации 10^6 и 10^8 КОЕ/мл, используя соответствующие стандарты мутности Мак-Фарланда (ООО «ДЕЗНЭТ», Москва, Россия). Полученные бактериальные суспензии сразу же применяли для заражения. Заражение проводили двумя способами. Первый способ заключался в инъекции 10 мкл бактериальной суспензии в стебель растения при помощи шприца и гиподермальной иглы, второй – в механическом повреждении листа стерильной иглой и нанесении на место повреждения 10–15 мкл суспензии. В качестве отрицательного контроля использовали стерильную воду. Растения инкубировали при относительной влажности воздуха 70% и температуре 25 °С. Вариант с отрицательным контролем пространственно изолировали от зараженных растений.

Наблюдения за растениями проводили ежедневно, а проявление симптомов документировали на 1, 2, 5 и 8-е сутки после инокуляции, инструментальный контроль зараженности растений – через 16 суток после заражения согласно протоколу РМ 7/24 (4) [9]. Отбирали пробы массой 2–5 г симптоматичных частей растений (хлороз, некроз, увядание), измельчали при помощи ножниц и помещали в пластиковый стаканчик с крышкой. Затем к пробе добавляли 30 мл фосфатно-солевого буфера (PBS). Устанавливали стаканчик на лабораторный шейкер при режиме 200 об/мин и инкубировали в течение 45 мин. Затем жидкую часть пробы отделяли от примесей растительных тканей с помощью обеззоленного фильтра «Синяя лента» (3–5 мкм). Используя центрифужные пробирки типа Oak-Ridge объемом 50 мл, центрифугировали жидкую часть пробы в течение 10 мин. при ускорении 10 тыс. g в центрифуге с охлаждением при +4 °С. Сразу после центрифугирования супернатант удаляли, а полученный осадок ресуспендировали в 1 мл PBS, встряхивали и переносили в центрифужную пробирку типа Эппендорф объемом 1,5 мл. Полученный экстракт использовали для выделения ДНК и бактерий. ДНК выделяли из экстракта сорбционным методом с помощью набора «Проба-ГС» (ООО «Агродиагностика», Москва, Россия), используя 200 мкл пробы.

Зараженность проб тестировали методом классического ПЦР-анализа с последующей детекцией продуктов реакции при помощи электрофореза в 1,5% агарозном геле в стандартном трис-боратном буфере (TBE). ПЦР-диагностику на наличие целевой бактерии проводили с использованием праймеров Oaf1 (5GTC GGT GCT AAC GAC ATG G-3') / Oar1 (5'-AGA CAT CTC CGC TTT CTT TCA A-3') на целевой ген 16-23S ISR (Internal spacer region) [17, 26], аналогичных ранее опубликованным праймерам SEQ ID NO: 01/SEQ ID NO: 02 [25], на амплификаторе C1000 (Bio-Rad Laboratories Inc., США). Реакцию проводили в 25 мкл реакционной смеси, содержащей 5,0 мкл мастер-микса 5X ScreenMix, (ЗАО «Евроген», Россия), по 1 мкл каждого праймера в концентрации 10 пМ и 2,0 мкл темплатной ДНК. В соответствии с лабораторным регламентом ФГБУ «ВНИИКР» в качестве внутреннего положительного контроля использовали праймеры Mus714F/Mus714R, специфичные к фрагменту гена 1700042G15Rik не кодирующей последовательности ДНК мыши, добавляемой в состав ПЦР смеси [4].

Программа амплификации: горячий старт при 95 °С в течение 5 мин., 35 циклов денатурации при 95 °С в течение 15 с, отжиг при 55 °С в течение 20 с, элонгация при 72 °С в течение 30 с и финальная элонгация при температуре 72 °С в течение 5 мин. Полученные ПЦР-продукты визуализировали путем электрофореза с окраской красителем бромистый этидий и документировали при помощи системы ChemiDoc™ XRS+ (Bio-Rad Laboratories Inc., США).

Результаты и их обсуждение

Особенности роста *A. avenae* subsp. *avenae* на питательных средах

Спустя 7 суток инкубирования при 25 °С на среде ГДМА колонии штамма *A. avenae* subsp. *avenae* VNIKR-B-0456^T имели круглую форму, выпуклый профиль, целый край, оранжевый цвет, но по краям кремового оттенка, гладкую поверхность и блеск. Диаметр колоний на чашках Петри четвертого разведения ($1:10^4$) составлял 4–9 мм (рис. 1, а).

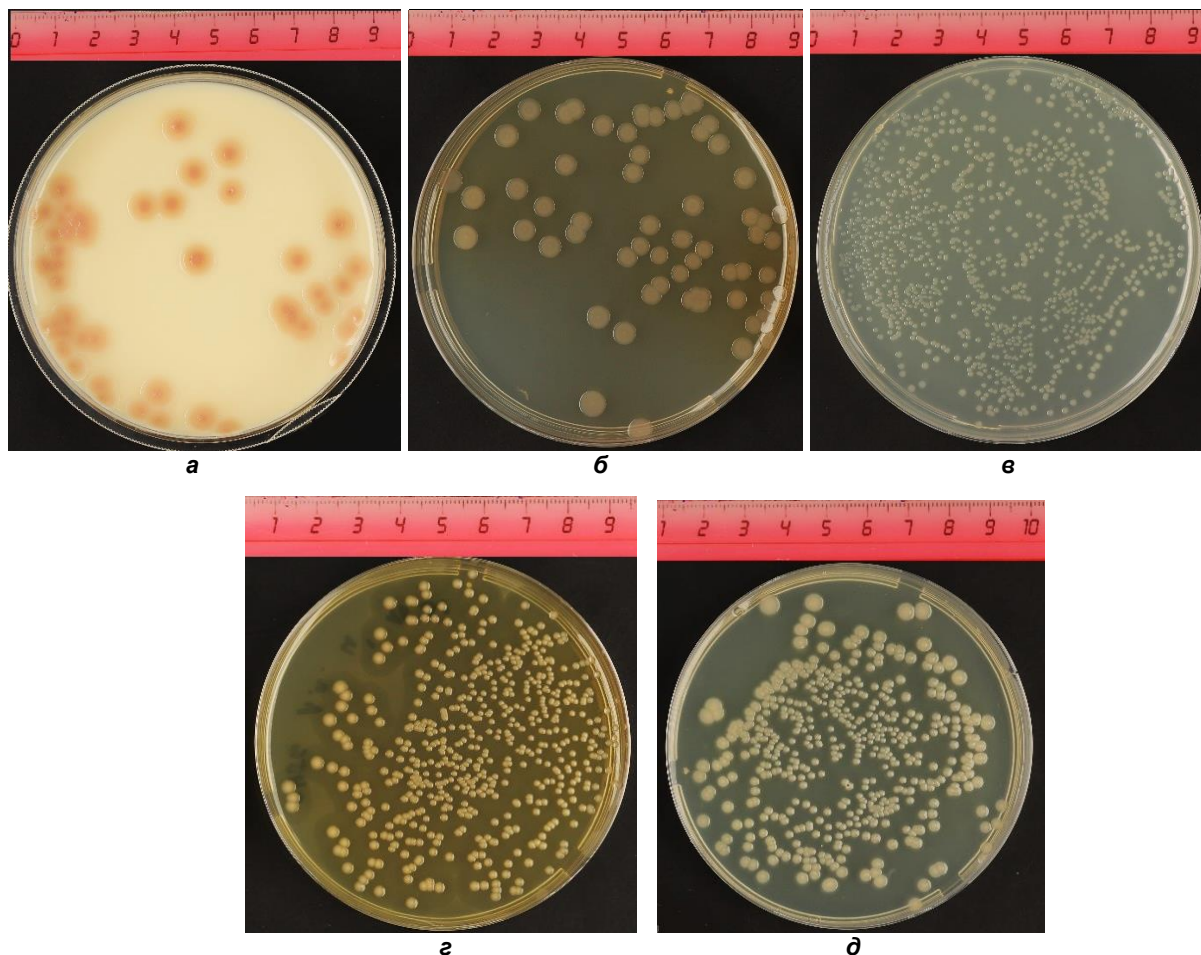


Рис. 1. Колонии *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* через 7 суток инкубирования при 25 °С на средах: а – ГДМА; б – Кинга В; в – R2A; г – МПА; д – КГА при посеве четвертого разведения ($1:10^4$)

На среде Кинга В колонии штамма *A. avenae* subsp. *avenae* VNIKR-B-0456^T круглые, с выпуклым профилем, целым краем, диаметром 3–5 мм, кремового цвета, с гладкой поверхностью и характерным блеском (рис. 1, б). Колонии бактерии на среде R2A имели круглую форму, выпуклый профиль, целый край, диаметр 1–2 мм, кремовый цвет, гладкую поверхность и блеск (рис. 1, в). На среде МПА колонии *A. avenae* subsp. *avenae* гладкие и блестящие, полупрозрачные, светло-желтого цвета, круглые, с выпуклым профилем, целым краем, диаметром 1–3 мм, вокруг колоний наблюдался заметный ореол (рис. 1, г). На среде КГА колонии *A. avenae* subsp. *avenae* имели круглую форму с фестончатым краем, выпуклый профиль, диаметр 2–6 мм, кремовый цвет, гладкую поверхность и блеск (рис. 1, д).

В результате подсчета числа колоний *A. avenae* subsp. *avenae* на каждой чашке Петри и проведения однофакторного дисперсионного анализа обнаружены достоверные отличия ($p < 0.05$) по критерию Тьюки-Крамера между группами средних в пределах каждого разведения – $1:10^4$, $1:10^5$, $1:10^6$ (табл. 2).

Таблица 2. Зависимость числа колоний *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* VNIKR-B-0456^T от используемой питательной среды и разведения образца бактерий

Среда	Повтор	Разведение		
		1:10 ⁴	1:10 ⁵	1:10 ⁶
ГДМА	1	33	13	3
	2	45	17	1
	3	26	16	2
	4	36	8	2
	Среднее	35^a	13,5^a	2^a
Кинга В	1	69	7	4
	2	58	8	9
	3	72	10	5
	4	61	7	6
	Среднее	65^b	8^a	6^a
R2A	1	789	150	14
	2	770	130	12
	3	776	127	9
	4	785	153	8
	Среднее	780^e	140^c	10,8^b
МПА	1	744	109	6
	2	742	99	6
	3	741	112	1
	4	740	108	11
	Среднее	751,8^d	107^b	6^a
КГА	1	172	14	1
	2	133	31	2
	3	169	13	6
	4	150	20	3
	Среднее	156^c	19,5^a	3^a
р-значение (при $\alpha = 0,05$)		1,664E-23	1,408E-13	0,0025

Примечание: буквенные индексы обозначают группы средних, различия между которыми статистически значимы на основе проведения апостериорного теста Тьюки-Крамера.

При разведении 1:10⁶ число колоний *A. avenae* subsp. *avenae* на R2A существенно превышало указанный показатель на других вариантах сред (табл. 2). То же отмечено при разведении 1:10⁵, однако на МПА число колоний больше, чем на средах Кинга В, КГА и ГДМА. При разведении 1:10⁴ различалось число колоний между всеми вариантами сред, наибольшее число отмечено на R2A, затем идут МПА, КГА, Кинга В и ГДМА (табл. 2).

Таким образом, R2A обеспечивает максимальную возможность для образования колоний *A. avenae* subsp. *avenae*. Очевидно, что лучшие показатели на этой среде связаны с наиболее сложным компонентным составом (табл. 1), подобранным для бактериологического анализа воды [23]. Среда, богатая питательными веществами, например МПА, КГА и ГДМА, подавляют медленно растущие микроорганизмы, тогда как среда Кинга В является оптимальной для группы флуоресцирующих псевдомонад [16].

Пептон, дрожжевой экстракт и гидролизат казеина в составе R2A являются источниками азота, витаминов, минеральных солей и аминокислот, необходимых для роста *A. avenae* subsp. *avenae*. Декстроза (глюкоза) является ферментируемым углеводом и служит источником углерода и энергии [29]. Крахмал абсорбирует токсические продукты [13, 15], в том числе – жизнедеятельности микроорганизмов и растений, а пирuvat натрия способствует росту покоящихся клеток бактерий [7]. Сульфат магния является источником двухвалентных катионов и сульфата [19]. Дикалий фосфат используется для сохранения баланса pH и как источник фосфора [20].

Наличие зависимости диаметра колоний от используемой питательной среды и разведения образца бактерий оценивали, изучая результаты анализа площади под кривой роста диаметра колоний (табл. 3).

Таблица 3. Зависимость площади под кривой роста диаметра колоний штамма *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* VNIKR-B-0456^T от используемой питательной среды и разведения образца бактерий

Среда	Разведение		
	1:10 ⁴	1:10 ⁵	1:10 ⁶
ГДМА	33,2 ^a	40,7 ^a	40,5 ^b
Кинга В	21,5 ^b	28,1 ^b	28,1 ^c
R2A	11,7 ^c	21,2 ^c	32,3 ^c
МПА	13,5 ^c	25,7 ^b	32,9 ^c
КГА	23,3 ^b	36,9 ^a	47,6 ^a
Доверительный интервал (α = 0,05)	7,6	7,1	6,8

Примечание: буквенные индексы обозначают группы средних, различия между которыми статистически значимы на основе попарного сравнения с доверительным интервалом (α = 0,05).

Из приведенных в таблице 3 данных видно наличие различий между вариантами. При разведении 1:10⁴ диаметр колоний на ГДМА существенно превышал указанный показатель на R2A и МПА. На ГДМА и КГА колонии *A. avenae* subsp. *avenae* были крупнее, чем на R2A и МПА при разведении 1:10⁵. При разведении 1:10⁶ на КГА диаметр колоний больше, чем на Кинга В, R2A и МПА. Таким образом, диаметр колоний *A. avenae* subsp. *avenae* на используемых средах отличался между вариантами в зависимости от разведения высеваемой бактериальной суспензии, но общий тренд увеличения диаметра колоний при каждом разведении между вариантами сред не прослеживался.

Особенности заражения растений культурой *A. avenae* subsp. *avenae*

Подобрав оптимальную среду R2A для роста и накопления биомассы бактерий, проводили заражение растений суспензией бактерий. В результате инокуляции растений отмечены типичные симптомы бактериальной полосатости листьев как на пшенице, так и на кукурузе (рис. 2).

Симптомы были идентичны для различных использованных концентраций бактерий. При заражении кукурузы методом инъекции в стебель через 24 часа вдоль сосудов листьев появились первые симптомы в виде вытянутых узких прозрачных, как бы пропитанных водой, пятен и полос, обусловленных накоплением в сосудах бактериальной массы и экзополисахарида бактерий (рис. 2, а).

Через 5 суток наблюдали первичные симптомы увядания растений кукурузы, сопровождающиеся хлоротичностью и почернением листьев. Черные полосы располагались вдоль всего листа. При высокой относительной влажности воздуха в вечерние и ночные часы на некоторых листьях при сильном поражении наблюдали бактериальный экссудат в виде желтых капель, вытянутых вдоль листьев, которые впоследствии подсыхали, образуя тонкую глянцевую пленку (рис. 2, б).



Рис. 2. Симптомы бактериоза через 5–8 дней после искусственного заражения растений кукурузы (а, б, в, г) и пшеницы (д, е, ж, з) штаммом *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* 0456

Спустя 8 суток на всех растениях кукурузы, зараженных методом инъекции бактериальной суспензии в стебель, можно было наблюдать типичные симптомы увядания, сопровождающиеся некротизацией сильно пораженных листьев и стеблей. Площадь некроза могла достигать 100% листовой поверхности (рис. 2, в). В то же время при заражении методом механического повреждения листа симптомы в виде локальных хлоротичных и некротичных пятен наблюдали только в местах повреждения и нанесения инокулюма (рис. 2, г). На 8-е сутки после заражения методом механического повреждения листьев типичные симптомы увядания на растениях кукурузы отмечены не были.

При заражении пшеницы методом инъекции через 2-е суток на большинстве листьев наблюдали реакцию сверхчувствительности, сопровождающуюся выпадениями тканей листа округлой формы (рис. 2, д) из-за использования для заражения концентрированной бактериальной суспензии.

Бактериоз на 2-е сутки после заражения проявлялся также в виде длинных полос соломенного цвета, локализованных по краям листьев (рис. 2, е). Через 5 суток после заражения отмечали появление некрозов вытянутой формы на стеблях в местах укола (рис. 2, ж). При заражении методом механических повреждений листьев отмечали симптомы бактериоза в виде хлоротичных и некротичных пятен на краях некоторых листьев (рис. 2, з).

Подтверждение присутствия A. avenae subsp. avenae в растениях

ПЦР-анализ зараженных *A. avenae subsp. avenae* растений с праймерами Oaf1/Oar1 показал наличие заражения в каждом варианте, независимо от способа заражения и концентрации используемой суспензии (рис. 3).

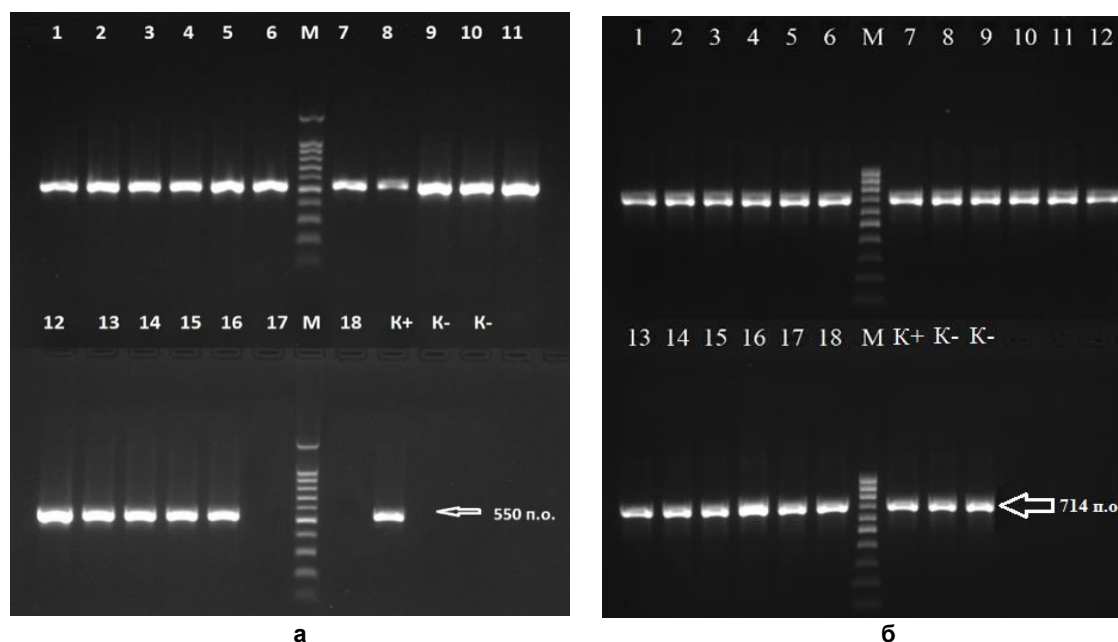


Рис. 3. Электрофореграмма результатов теста Oaf1/Oar1 (а) и внутреннего положительного контроля при тестировании растительных экстрактов (б). М – маркер длин ДНК 100+ bp (ООО «Евроген», Москва, Россия): 1–8 – пшеница; 9–16 – кукуруза. 1, 2 – заражение *A. avenae subsp. avenae* 10^8 КОЕ/мл методом прокола; 3, 4 – заражение *A. avenae subsp. avenae* 10^6 КОЕ/мл методом прокола; 5, 6 – заражение *A. avenae subsp. avenae* 10^8 КОЕ/мл методом механических повреждений; 7, 8 – заражение *A. avenae subsp. avenae* 10^6 КОЕ/мл методом механических повреждений; 9, 10 – заражение *A. avenae subsp. avenae* 10^8 КОЕ/мл методом прокола; 11, 12 – заражение *A. avenae subsp. avenae* 10^6 КОЕ/мл методом прокола; 13, 14 – заражение *A. avenae subsp. avenae* 10^8 КОЕ/мл методом механических повреждений; 15, 16 – заражение *A. avenae subsp. avenae* 10^6 КОЕ/мл методом механических повреждений; 17, 18 – отрицательный контроль опыта. К+ – положительный контрольный образец; К- – отрицательный контроль амплификации

ПЦР-анализ с праймерами Oaf1/Oar1 позволил идентифицировать *A. avenae subsp. avenae* в зараженных растениях с образованием ожидаемого специфического ПЦР-продукта длиной 550 п.о. (рис. 3, а). В отрицательных контролях специфический

продукт отсутствовал. Наличие на электрофореграмме ПЦР-продуктов длиной 714 п.о. (внутренний контроль) показывает, что ПЦР-реакция не была ингибирована, что подтверждает достоверность полученных результатов (рис. 3, б).

Выделение *A. avenae* subsp. *avenae* из зараженных образцов в чистую культуру

Доказать присутствие жизнеспособных колоний в зараженном экстракте можно методом посева растительного образца и отборе схожих по морфологии бактериальных колоний. Отдельные колонии целевой бактерии отчетливо различимы при посеве аналитических проб кукурузы и пшеницы, зараженных суспензией штамма *A. avenae* subsp. *avenae* VNIKR-B-0456^T в концентрации 1×10^6 КОЕ/мл. В третьем разведении на чашке Петри диаметр колоний возбудителя достигал 5 мм (рис. 4).

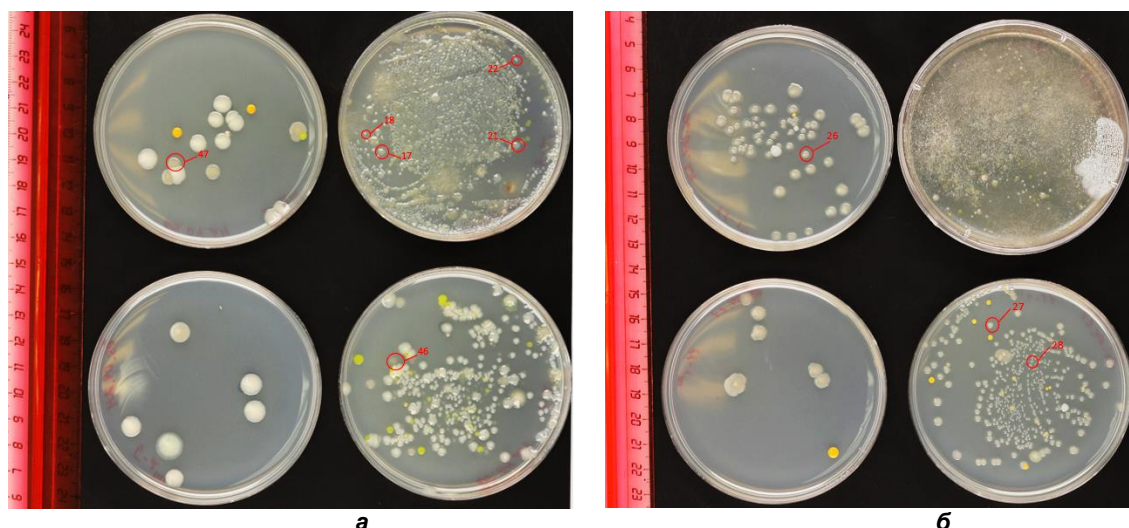


Рис. 4. Колонии бактерий на среде R2A после 10 суток инкубирования при 25 °С. Колонии *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* обведены красным и обозначены цифрами: а – растительный экстракт пшеницы, б – растительный экстракт кукурузы

На выбранной среде R2A доступна изоляция чистой культуры из растений с симптомами. Тестирование отобранных колоний методом классической ПЦР с праймерами Oaf1/Oar1 позволило подтвердить их принадлежность к виду *A. avenae* subsp. *avenae* (рис. 5).

Результат ПЦР-тестирования колоний с праймерами Oaf1/Oar1 позволил идентифицировать их как *A. avenae* subsp. *avenae*, подтверждением этого служит специфический ПЦР-продукт длиной 550 п.о. (рис. 5, а). Ингибирование ПЦР не наблюдалось, о чем свидетельствует наличие продукта длиной 714 п.о. (рис. 5, б).

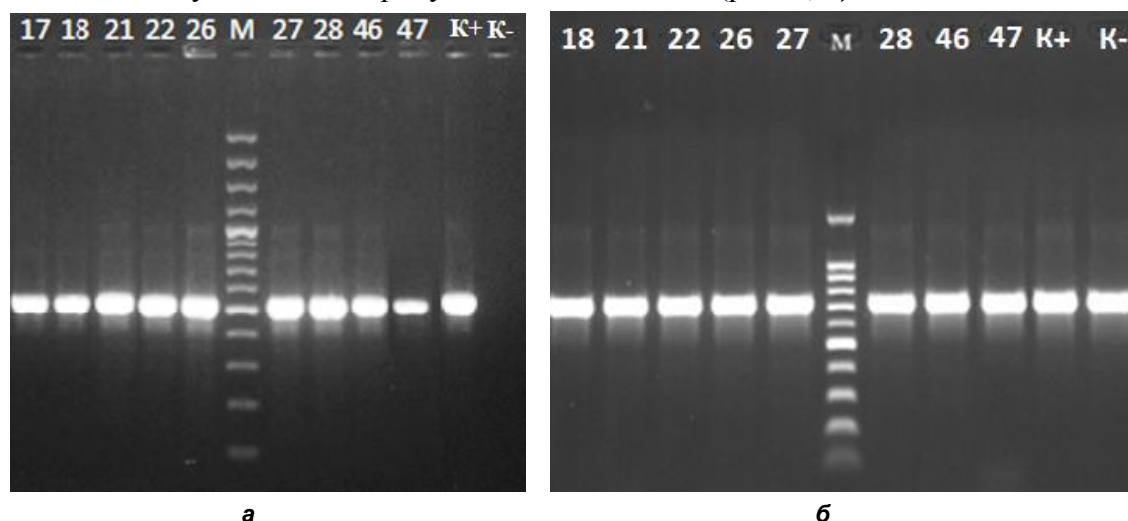


Рис. 5. Электрофореграмма результатов теста Oaf1/Oar1 (а) и внутреннего положительного контроля при тестировании колоний *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* (б). М – маркер длин ДНК 100+ бр (ООО «Евроген», Москва, Россия)

Заключение

Среди 5 испытанных сред – ГДМА, МПА, КГА, Кинга В и R2A – лучшие свойства для изоляции возбудителя бактериальной полосатости листьев злаковых культур *A. avenae* subsp. *avenae* показала среда R2A. При посеве трех предельных разведений ($1:10^4$, $1:10^5$, $1:10^6$) бактериальной суспензии на среде R2A образуется значительно больше колоний, чем на ГДМА, МПА, КГА, Кинга В. Таким образом, среда R2A обеспечивает максимальную возможность для роста бактериальных клеток.

Указанное свойство делает среду R2A оптимальной для выделения *A. avenae* subsp. *avenae*. Чистая культура возбудителя легко может быть изолирована при посеве экстрактов из зараженных растений пшеницы и кукурузы с симптомами бактериоза в виде длинных узких коричневых полос на листьях. Колонии *A. avenae* subsp. *avenae* на R2A хорошо отличимы от колоний сопутствующих бактерий, они блестящие, кремовые, имеют круглую форму, выпуклый профиль, целый край, диаметр 1–5 мм, гладкую поверхность.

При заражении растений кукурузы и пшеницы не отмечена разница в проявлении симптомов между использованием суспензии в концентрации 10^6 и 10^8 КОЕ/мл. На кукурузе максимальное проявление типичных симптомов бактериоза отмечено при использовании метода инъекции суспензии в стебель, в то время как проявление симптомов бактериоза на пшенице не зависело от метода заражения.

Отмечена разница в проявлении вирулентности *A. avenae* subsp. *avenae* в отношении растения-хозяина – симптомы бактериоза присутствовали на каждом растении кукурузы с поражением до 100% листовой поверхности, в то время как растения пшеницы были поражены локально и на ограниченном количестве листьев.

Таким образом, оптимизированы компоненты разрабатываемой методики идентификации патогена *A. avenae* subsp. *avenae* и выявления его в растительном материале и семенах – среда для выделения возбудителя в чистую культуру и условия искусственного заражения растений (фитопатологический анализ).

Список источников

1. Десятерик А.А., Словарева О.Ю., Кононова Е.П. Изоляция возбудителя бурой бактериальной гнили влагалища листа злаковых культур *Pseudomonas fuscovaginae* из семян // Фитосанитария. Карантин растений. 2023. Т. 4, № 16. С. 67–76. DOI: 10.69536/d2760-4051-0503-z.
2. Лавренчук Л.С., Ермошин А.А. Микробиология: практикум. Екатеринбург: Издательство Уральского университета. 2019. 107 с.
3. Игнатьева И.М., Кононова Е.П. Применение масс-спектрометрического анализа при определении таксономической принадлежности фитопатогенных бактерий рода *Curtobacterium* // Фитосанитарная безопасность: угрозы, вызовы и пути решения: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию основания института (Алматы, 14–15 декабря 2023 г.). Алматы: ТОО «Казахский НИИ защиты и карантина растений имени Жазкена Жиенбаева», 2023. С. 459–464.
4. Мазурин Е.С., Копина М.Б., Широколава Н.А. Контроль достоверности результатов фитосанитарной экспертизы при использовании молекулярных методов диагностики // Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство. 2012. № 3. С. 31–37.
5. Трошкова А.А., Словарева О.Ю. Фитосанитарный статус и эволюция номенклатуры возбудителя бактериальной полосатости и ожога листьев злаков *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* (Manns, 1909; Willems et al., 1992) // Масличные культуры. 2025. № 4(204). С. 134–143. DOI: 10.25230/2412-608X-2025-4-204-134-143.
6. Bertani R.P., Perera M.F., Joya C.M. et al. Genetic diversity and population structure of *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* isolated from sugarcane in Argentina // Plant Pathology. 2021. Vol. 70(7). Pp. 1719–1732. DOI: 10.1111/ppa.13413.
7. Calabrese J.P., Bissonnette G.K. Improved membrane filtration method incorporating catalase and sodium pyruvate for detection of chlorine-stressed coliform bacteria // Applied and Environmental Microbiology. 1990. Vol. 56(11). Pp. 3558–3564. DOI: 10.1128/aem.56.11.3558-3564.1990.
8. Cother E.J., Noble D.H., Van De Ven R.J. et al. Bacterial pathogens of rice in the Kingdom of Cambodia and description of a new pathogen causing a serious sheath rot disease // Plant Pathology. 2010. Vol. 59(5). Pp. 944–953. DOI: 10.1111/j.1365-3059.2010.02310.x.
9. EPPO Standard on Diagnostics PM 7/24 (5) *Xylella fastidiosa* // EPPO Bulletin. 2023. Vol. 53. Pp. 205–276. DOI: 10.1111/epp.12923.

10. Fontana P.D., Rago A.M., Fontana C.A. et al. Isolation and genetic characterization of *Acidovorax avenae* from red stripe infected sugarcane in Northwestern Argentina // *European Journal of Plant Pathology*. 2013. Vol. 137(3). Pp. 525–534. DOI: 10.1007/s10658-013-0263-y.
11. Giordano P.R., Chaves A.M., Mitkowski N.A. et al. Identification, Characterization, and Distribution of *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* Associated with Creeping Bentgrass Etiolation and Decline // *Plant Disease*. 2012. Vol. 96(12). Pp. 1736–1742. DOI: 10.1094/pdis-04-12-0377-re.
12. Gitaitis R., Wilson J., Walcott R. et al. Occurrence of bacterial stripe of pearl millet in Georgia // *Plant Disease*. 2002. Vol. 86(3). Article No. 326. DOI: 10.1094/PDIS.2002.86.3.326B.
13. Haq F., Mehmood S., Haroon M. et al. Role of Starch Based Materials as a Bio-sorbents for the Removal of Dyes and Heavy Metals from Wastewater // *Journal of Polymers and the Environment*. 2022. Vol. 30. Pp. 1730–1748. DOI: 10.1007/s10924-021-02337-6.
14. Hernández-Juárez C., Silva-Rojas H.V., De León García de Alba C. et al. Molecular identification, incidence, and distribution of *Acidovorax avenae* in the sugarcane-producing agroecological regions of Mexico // *Sugar Tech*. 2021. Vol. 23(4). Pp. 891–899. DOI: 10.1007/s12355-021-00964.
15. Khoo P.S., Ilyas R.A., Uda M.N.A. et al. Starch-Based Polymer Materials as Advanced Adsorbents for Sustainable Water Treatment: Current Status, Challenges, and Future Perspectives // *Polymers (Basel)*. 2023. Vol. 15(14). Article No. 3114. DOI: 10.3390/polym15143114.
16. King E.O., Ward M.K., Raney D.E. Two simple media for the demonstration of pyocyanin and fluorescein // *Journal of Laboratory and Clinical Medicine*. 1954. Vol. 44. Pp. 301–307.
17. Li X.Y., Sun H.D., Rott P.C. et al. Molecular identification and prevalence of *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* causing red stripe of sugarcane in China // *Plant Pathology*. 2018. Vol. 67(4). Pp. 929–937. DOI: 10.1111/ppa.12811.
18. Myung I.S., Choi J.K., Wu J.M. et al. Bacterial stripe of hog millet caused by *Acidovorax avenae* subsp. *avenae*, a new disease in Korea // *Plant Disease*. 2012. Vol. 96(8). Pp. 1222–1223. DOI: 10.1094/PDIS-03-12-0320-PDN.
19. NIH. PubChem Compounds CID 24083. Magnesium sulfate // National Library of Medicine. National Center for Biotechnology Information. URL: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Magnesium-Sulfate>.
20. NIH. PubChem Compounds CID 24450. Dipotassium phosphate // National Library of Medicine. National Center for Biotechnology Information. URL: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Dipotassium-phosphate>.
21. Pandey A.K., Varghese S., Babu A. First report of bacterial leaf blight on tea: an emerging threat to the Indian tea industry // *European Journal of Plant Pathology*. 2024. Vol. 169. Pp. 131–136. DOI: 10.1007/s10658-024-02812-5.
22. Pataky J.K., Toit L.J. du, Kerns M.R. Bacterial leaf blight on shrunken-2 sweet corn // *Plant Disease*. 1997. Vol. 81(11). Pp. 1293–1298. DOI: 10.1094/PDIS.1997.81.11.1293.
23. Reasoner D.J., Geldreich E.E. A new medium for the enumeration and subculture of bacteria from potable water // *Applied and Environmental Microbiology*. 1985. Vol. 49(1). Pp. 1–7. DOI: 10.1128/aem.49.1.1-7.1985.
24. Saddler G.S. *Acidovorax avenae* subsp. *avenae*. In: IMI Descriptions of Fungi and Bacteria. Wallingford, UK: CAB International. 1994. No. 1211. DOI: 10.1079/DFB/20056401211.
25. Schaad N.W., Song W.Y., Hatziloukas E. PCR primers for detection of plant pathogenic species and species of *Acidovorax* // United States Patent Number 6,146,834. 2000. 5 p.
26. Song W.Y., Sechler A.J., Hatziloukas E. et al. Use of PCR for rapid identification of *Acidovorax avenae* and *A. avenae* subsp. *citrulli* // Presentations from the 6th International Conference on *Pseudomonas syringae* and related pathogens (Maratea, Italy, September 15–19, 2002 [ed. by Iacobellis N.S., Collmer A., Hutcheson S.W. et al.]. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2003. Pp. 531–544. DOI: 10.1007/978-94-017-0133-4_59.
27. Taghipour M., Rahimian H., Babaeizad V. Genetic diversity of *Acidovorax oryzae* in a single site in Mazandaran province, Iran // *Molecular Biology Reports*. 2021. Vol. 48(4). Pp. 3885–3888. DOI: 10.1007/s11033-021-06174-7.
28. Vesminsk G.E., China A., Canada A. Causes of the spread and development of sugarcane bacterial red stripe in Cuba (Causas de la propagacion y desarrollo en Cuba de la enfermedad raya roja bacteriana de la cana de azucar) // *Ciencias de la Agricultura*. 1978. Vol. 2. Pp. 53–64.
29. Vidaver A.K. Synthetic and complex media for the rapid detection of fluorescence of phytopathogenic pseudomonads: effect of the carbon source // *Applied Microbiology*. 1967. Vol. 15. Pp. 1523–1524. DOI: 10.1128/am.15.6.1523-1524.1967.
30. Willems A., Goor M., Thielemans S. et al. Transfer of several phytopathogenic *Pseudomonas* species to *Acidovorax* as *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* subsp. nov., comb. nov., *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*, *Acidovorax avenae* subsp. *cattleyae*, and *Acidovorax konjaci* // *International Journal of Systematic Bacteriology*. 1992. Vol. 42(1). Pp. 107–119. DOI: 10.1099/00207713-42-1-107.
31. Zhao J.Y., Chen J., Hu Z-T. et al. Genetic and morphological variants of *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* cause red stripe of sugarcane in China // *Frontiers in Plant Science*. 2023. Vol. 14. Article No. 1127928. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1127928>.

References

1. Desyaterik A.A., Slovareva O.Yu., Kononova E.P. Isolation of sheath brown rot pathogen *Pseudomonas fuscovaginae* from seeds. *Plant Health and Quarantine*. 2023;4(16):67-76. DOI: 10.69536/d2760-4051-0503-z. (In Russ.).
2. Lavrenchuk L.S., Ermoshin A.A. Microbiology: practical course. Yekaterinburg: Ural University Publishing House; 2019. 107 p. (In Russ.).
3. Ignatieva I.M., Kononova E.P. The use of mass spectrometric analysis in determining the taxonomic affiliation of phytopathogenic bacteria of the genus *Curtobacterium*. In: Phytosanitary safety: threats, challenges and solutions: Proceedings of the International Research-to-Practice Conference dedicated to the 65th anniversary of the founding of the Institute (Almaty, December 14-15, 2023). Almaty: Kazakh Research Institute of Plant Protection and Quarantine named after Zhazken Zhiembayev Publishers; 2023:459-464. (In Russ.).
4. Mazurin E.S., Kopina M.B., Sherokolava N.A. Controlling the reliability of results received during laboratory testing for phytosanitary purposes when molecular diagnostic methods are used. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Husbandry*. 2012;3:31-37. (In Russ.).
5. Troshkova A.A., Slovareva O.Yu. Phytosanitary status and evolution of the nomenclature of the pathogen *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* (Manns, 1909; Willems et al., 1992) causing bacterial stripe and leaf blight of cereals. *Oil Crops*. 2025;4(204):134-143. DOI: 10.25230/2412-608X-2025-4-204-134-143. (In Russ.).
6. Bertani R.P., Perera M.F., Joya C.M. et al. Genetic diversity and population structure of *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* isolated from sugarcane in Argentina. *Plant Pathology*. 2021;70(7):1719-1732. DOI: 10.1111/ppa.13413.
7. Calabrese J.P., Bissonnette G.K. Improved membrane filtration method incorporating catalase and sodium pyruvate for detection of chlorine-stressed coliform bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*. 1990;56(11):3558-3564. DOI: 10.1128/aem.56.11.3558-3564.1990.
8. Cother E.J., Noble D.H., Van De Ven R.J. et al. Bacterial pathogens of rice in the Kingdom of Cambodia and description of a new pathogen causing a serious sheath rot disease. *Plant Pathology*. 2010;59(5):944-953. DOI: 10.1111/j.1365-3059.2010.02310.x.
9. EPPO Standard on Diagnostics PM 7/24 (5) *Xylella fastidiosa*. *EPPO Bulletin*. 2023;53:205-276. DOI: 10.1111/epp.12923.
10. Fontana P.D., Rago A.M., Fontana C.A. et al. Isolation and genetic characterization of *Acidovorax avenae* from red stripe infected sugarcane in Northwestern Argentina. *European Journal of Plant Pathology*. 2013;137(3):525-534. DOI: 10.1007/s10658-013-0263-y.
11. Giordano P.R., Chaves A.M., Mitkowski N.A. et al. Identification, Characterization, and Distribution of *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* Associated with Creeping Bentgrass Etiolation and Decline. *Plant Disease*. 2012;96(12):1736-1742. DOI: 10.1094/pdis-04-12-0377-re.
12. Gitaitis R., Wilson J., Walcott R. et al. Occurrence of bacterial stripe of pearl millet in Georgia. *Plant Disease*. 2002;86(3):326. DOI: 10.1094/PDIS.2002.86.3.326B.
13. Haq F., Mahmood S., Haroon M. et al. Role of Starch Based Materials as a Bio-sorbents for the Removal of Dyes and Heavy Metals from Wastewater. *Journal of Polymers and the Environment*. 2022;30:1730-1748. DOI: 10.1007/s10924-021-02337-6.
14. Hernández-Juárez C., Silva-Rojas H.V., De León García de Alba C. et al. Molecular identification, incidence, and distribution of *Acidovorax avenae* in the sugarcane-producing agroecological regions of Mexico. *Sugar Tech*. 2021;23(4):891-899. DOI: 10.1007/s12355-021-00964.
15. Khoo P.S., Ilyas R.A., Uda M.N.A. et al. Starch-Based Polymer Materials as Advanced Adsorbents for Sustainable Water Treatment: Current Status, Challenges, and Future Perspectives. *Polymers (Basel)*. 2023;15(14):3114. DOI: 10.3390/polym15143114.
16. King E.O., Ward M.K., Raney D.E. Two simple media for the demonstration of pyocyanin and fluorescein. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine*. 1954;44:301-307.
17. Li X.Y., Sun H.D., Rott P.C. et al. Molecular identification and prevalence of *Acidovorax avenae* subsp. *Avenae* causing red stripe of sugarcane in China. *Plant Pathology*. 2018;67(4):929-937. DOI: 10.1111/ppa.12811.
18. Myung I.S., Choi J.K., Wu J.M. et al. Bacterial stripe of hog millet caused by *Acidovorax avenae* subsp. *avenae*, a new disease in Korea. *Plant Disease*. 2012;96(8):1222-1223. DOI: 10.1094/PDIS-03-12-0320-PDN.
19. NIH. PubChem Compounds CID 24083. Magnesium sulfate. Website of the National Library of Medicine. National Center for Biotechnology Information. URL: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Magnesium-Sulfate>.
20. NIH. PubChem Compounds CID 24450. Dipotassium phosphate. Website of the National Library of Medicine. National Center for Biotechnology Information. URL: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Dipotassium-phosphate>.
21. Pandey A.K., Varghese S., Babu A. First report of bacterial leaf blight on tea: an emerging threat to the Indian tea industry. *European Journal of Plant Pathology*. 2024;169:131-136. DOI: 10.1007/s10658-024-02812-5.
22. Pataky J.K., Toit L.J. du, Kerns M.R. Bacterial leaf blight on shrunken-2 sweet corn. *Plant Disease*. 1997;81(11):1293-1298. DOI: 10.1094/PDIS.1997.81.11.1293.
23. Reasoner D.J., Geldreich E.E. A new medium for the enumeration and subculture of bacteria from potable water. *Applied and Environmental Microbiology*. 1985;49(1):1-7. DOI: 10.1128/aem.49.1.1-7.1985.

24. Saddler G.S. *Acidovorax avenae* subsp. *avenae*. In: IMI Descriptions of Fungi and Bacteria. Wallingford, UK: CAB International. 1994;1211. DOI: 10.1079/DFB/20056401211.
25. Schaad N.W., Song W.Y., Hatziloukas E. PCR primers for detection of plant pathogenic species and species of *Acidovorax*. United States Patent Number 6,146,834. 2000. 5 p.
26. Song W.Y., Sechler A.J., Hatziloukas E. et al. Use of PCR for rapid identification of *Acidovorax avenae* and *A. avenae* subsp. *citrulli*. In: Presentations from the 6th International Conference on *Pseudomonas syringae* and related pathogens (Maratea, Italy, September 15-19, 2002 [ed. by Iacobellis N.S., Collmer A., Hutcheson S.W. et al.]. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers;2003:531-544. DOI: 10.1007/978-94-017-0133-4_59.
27. Taghipour M., Rahimian H., Babaeizad V. Genetic diversity of *Acidovorax oryzae* in a single site in Mazandaran province, Iran. *Molecular Biology Reports*. 2021;48(4):3885-3888. DOI: 10.1007/s11033-021-06174-7.
28. Vesminsk G.E., Chinea A., Canada A. Causes of the spread and development of sugarcane bacterial red stripe in Cuba (Causas de la propagacion y desarrollo en Cuba de la enfermedad raya roja bacteriana de la cana de azucar). *Ciencias de la Agricultura*. 1978;2:53-64.
29. Vidaver A.K. Synthetic and complex media for the rapid detection of fluorescence of phytopathogenic pseudomonads: effect of the carbon source. *Applied Microbiology*. 1967;15:1523-1524. DOI: 10.1128/am.15.6.1523-1524.1967.
30. Willems A., Goor M., Thielemans S. et al. Transfer of several phytopathogenic *Pseudomonas* species to *Acidovorax* as *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* subsp. nov., comb. nov., *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*, *Acidovorax avenae* subsp. *cattleyae*, and *Acidovorax konjaci*. *International Journal of Systematic Bacteriology*. 1992;42(1):107-119. DOI: 10.1099/00207713-42-1-107.
31. Zhao J.Y., Chen J., Hu Z-T. et al. Genetic and morphological variants of *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* cause red stripe of sugarcane in China. *Frontiers in Plant Science*. 2023;14:1127928. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1127928>.

Информация об авторах

А.А. Трошкова – младший научный сотрудник, заместитель начальника научно-методического отдела бактериологии ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений»; аспирант кафедры биотехнологии института агробихотехнологии ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», anades13@yandex.ru.

А.Б. Яремко – младший научный сотрудник центра коллективного пользования «Молекулярная генетика» ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений», an_ya94@mail.ru.

А.Н. Игнатов – доктор биологических наук, профессор, профессор Агробихотехнологического департамента, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», an.ignatov@gmail.com.

Е.П. Кононова – агроном лаборатории бактериологии и анализа ГМО Испытательного лабораторного центра ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений», catamont@yandex.ru.

О.Ю. Словарева – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, начальник научно-методического отдела бактериологии ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений»; доцент базовой кафедры фитосанитарной биологии и безопасности экосистем института экологии ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», slovareva.olga@gmail.com.

Information about the authors

A.A. Troshkova, Junior Research Scientist, Deputy Head of Scientific and Methodological Department of Bacteriology, All-Russian Plant Quarantine Center; Postgraduate Student, the Dept. of Biotechnology, Institute of Agricultural Technology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, anades13@yandex.ru.

A.B. Iaremko, Junior Research Scientist, Shared Research Facility "Molecular Genetics", All-Russian Plant Quarantine Center, an_ya94@mail.ru.

A.N. Ignatov, Doctor of Biological Sciences, Full Professor, Professor, Agrobiotechnological Department, People's Friendship University of Russia, an.ignatov@gmail.com.

E.P. Kononova, Agronomist, Bacteriology and GMO Analysis Laboratory, Testing Laboratory Center, All-Russian Plant Quarantine Center, catamont@yandex.ru.

O.Yu. Slovaeva, Candidate of Biological Sciences, Senior Research Scientist, Head of the Scientific and Methodological Department of Bacteriology, All-Russian Plant Quarantine Center; Docent, Basic Department of Phytosanitary Biology and Ecosystem Safety, Institute of Ecology, People's Friendship University of Russia, slovareva.olga@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 10.11.2025; одобрена после рецензирования 20.01.2026; принята к публикации 26.01.2026.

The article was submitted 10.11.2025; approved after reviewing 20.01.2026; accepted for publication 26.01.2026.

© Трошкова А.А., Яремко А.Б., Игнатов А.Н., Кононова Е.П., Словарева О.Ю., 2026

4.1.4. САДОВОДСТВО, ОВОЩЕВОДСТВО, ВИНОГРАДАРСТВО И ЛЕКАРСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ (СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья
УДК 635:631.544

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2026_1_66

EDN: UNJAMQ

Урожайность и качество микрозелени овощных культур при выращивании в регулируемых условиях микроклимата

Наталья Анатольевна Адрицкая^{1✉}, Мехди Раифович Гейбатов²

^{1, 2} Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург, Россия

¹ natali.adritska@mail.ru✉

Аннотация. Представлены результаты экспериментальных исследований, выполненных в 2023–2025 гг. с целью оценки урожайности и качества микрозелени различных овощных культур при выращивании в регулируемых условиях микроклимата в гроубоксе в течение 18 циклов. Посев семян осуществляли в пластиковые лотки размером 18×11 см, а в качестве субстрата для выращивания на гидропонике использовали джутовые коврики. Установлено, что цикл выращивания микрозелени до сбора урожая длится 8–11 дней у капустных, 10–11 дней у амаранта, 14–16 дней у гороха и 18–20 дней у кориандра. В зависимости от вида культуры ростки достигали высоты 6–10 см, а у гороха 12–15 см. Максимальная урожайность сформировалась у гороха – 3775 г/м² (75,5 г/лоток) и у редьки дайкон – 2354 г/м² (47,1 г/лоток), минимальная – у амаранта овощного – 950 г/м² (19,0 г/лоток). Высокая урожайность микрозелени получена у брюквы – 2060 г/м² (41,2 г/лоток), листовой горчицы – 1865 г/м² (37,3 г/лоток) и брокколи – 1775 г/м² (35,5 г/лоток). Высокий уровень антиоксидантных веществ, таких как аскорбиновая кислота и каротиноиды, фиксировали у брокколи, редиса и гороха. В микрозелени указанных овощных культур отмечали низкий уровень нитратов – от 2,19 до 24,37 мг/кг сырой массы. Результаты исследований позволяют сделать вывод, что при производстве микрозелени следует использовать посевной материал с энергией прорастания более чем 90% и всхожестью не менее 95%, так как от качества семян зависят скорость и равномерность прорастания и, как следствие, конечный результат цикла выращивания. По вариантам опыта получен высокий уровень рентабельности, который варьировал от 117% у кориандра до 235% у индау посевного, на основании чего можно сделать вывод, что выращивание микрозелени овощных культур экономически выгодно.

Ключевые слова: микрозелень, овощные культуры, гроубокс, урожайность, биохимические показатели, экономическая эффективность

Для цитирования: Адрицкая Н.А., Гейбатов М.Р. Урожайность и качество микрозелени овощных культур при выращивании в регулируемых условиях микроклимата // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, № 1(88). С. 66–75. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_66–75.

4.1.4. HORTICULTURE, OLERICULTURE, VITICULTURE AND MEDICINAL PLANTS (AGRICULTURAL SCIENCES)

Original article

Yield and quality of microgreens of vegetable crops while cultivating under controlled microclimate conditions

Natalia A. Adritskaya^{1✉}, Mehdi R. Gaybatov²

^{1, 2} Saint Petersburg State Agrarian University, Saint Petersburg, Russia

¹ natali.adritska@mail.ru✉

Abstract. The results of experimental studies conducted in 2023–2025 for the purpose of a comprehensive assessment of the cultivation of microgreens of various vegetable crops under controlled microclimate conditions in a growbox for 18 cycles are presented. The seeds were sown in 18×11 cm plastic trays, and jute mats were used as a substrate for growing on hydroponics. It has been established that the cycle of growing microgreens before harvest lasts 8–11 days for *Brassicaceae*, 10–11 days for *Amaranthaceae*, 14–16 days for *Fabaceae* and 18–20 days for *Apiaceae*. Depending on the type of culture, the sprouts reached a height of 6–10 cm, and the peas reached 12–15 cm. The maximum yield was formed in peas – 3775 g/m² (75.5 g/tray) and daikon radish – 2354 g/m² (47.1 g/tray), the minimum was registered in amaranth – 950 g/m² (19.0 g/tray). High yields were obtained from microgreens of swede (2060 g/m² / 41.2 g/tray), curled mustard (1865 g/m² / 37.3 g/tray) and broccoli – 1775 g/m² / 35.5 g/tray). High levels of antioxidant substances such as ascorbic acid and carotenoids were recorded in broccoli, radishes and peas. In the microgreens of the studied vegetable crops, a low level of nitrates was noted, i.e. from 2.19 to 24.37 mg/kg of wet weight. The results obtained allows for the conclusion that in the production of microgreens, seed material with a germinating energy of more than 90% and a germination rate of at least 95% should be used, since the speed and evenness of germination and, as a result, the final result of the growing cycle depend on seed quality. According to the experimental variants, a high level of profitability was obtained, which ranged from 117% for coriander to 235% for rocket salad. Based on the data obtained, it can be concluded that the cultivation of microgreens of vegetable crops is economically valuable.

Keywords: microgreens, vegetable crops, growbox, yield, biochemical parameters, economic efficiency

For citation: Adritskaya N.A., Geybatov M.R. Yield and quality of microgreens of vegetable crops while cultivating under controlled microclimate conditions. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(1):66-75. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_66-75.

Введение
Микрозелень – это проростки семян культурных растений, обладающие противовоспалительными, антисептическими и общеукрепляющими свойствами, что делает ее новым функциональным продуктом питания [8, 18]. Выращивание микрозелени за последние годы приобрело широкую популярность в мире и является трендом здорового питания, в основе которого лежит использование экологически чистой и полезной продукции. Использование микрозелени в технологии функциональных продуктов питания открывает новые возможности в сфере общественного питания и позволяет говорить о ней как о перспективном источнике природных нутриентов в связи с высокой концентрацией биологически активных веществ [8, 9].

Микрозелень содержит большое количество витаминов, обогащает рацион питания ферментами, антиоксидантами, минеральными веществами, микроэлементами и полисахаридами [8, 12] и, как следствие, позволяет повысить иммунитет организма, что является особенно актуальным в условиях распространения сезонных заболеваний, эпидемий (в том числе пандемий) [12].

Микрозелень отличается низкой калорийностью, ее употребление нормализует работу пищеварительной системы, снижает кровяное давление, уровень триглицеридов и холестерина, а также риск сердечно-сосудистых заболеваний. Опубликованы данные, в соответствии с которыми микрозелень следует употреблять как средство профилактики онкологических заболеваний, благодаря присутствию сульфорафана и большого количества антиоксидантов [17]. В научной литературе приводятся результаты исследований, свидетельствующие о том, что количество антиоксидантных соединений в микрозелени в 10 раз выше по сравнению с традиционными овощами, собранными на стадии технической спелости [14, 16].

В настоящее время для выращивания микрозелени пригодно около 100 видов культурных растений. Наиболее часто используемые виды овощных культур для производства микрозелени относятся к семействам *Brassicaceae*, *Asteraceae*, *Apiaceae*, *Amaranthaceae*, *Chenopodiaceae*. Для получения питательной зелени также можно использовать горох и бобы овощные [8, 9].

Микрозелень с ее коротким циклом вегетации и высокой урожайностью можно выращивать с использованием органических методов и с минимальным воздействием на окружающую среду, что соответствует запросам потребителей, которые отдают приоритет органическим и экологически чистым продуктам питания [2].

В современных условиях одним из перспективных направлений является выращивание микрозелени в фитоустановке, или гроубоксе. Гроубокс – это высокотехнологичная автономная замкнутая система выращивания растений в условиях контролируемого микроклимата и полива. Она позволяет создать идеальные условия для роста растений, будь то почвенное или гидропонное выращивание [6, 7]. Ключевое преимущество – возможность круглогодичного выращивания растений. Самостоятельно организовать подходящие условия для жизни и функционирования растений крайне проблематично. Применение гроубоксов является высокоэффективным и исключительно выгодным решением. Как правило, гроубоксы состоят из следующих основных систем: освещения, полива, климат-контроля и воздушной фильтрации. Лампы в гроубоксе создают имитацию солнечных лучей, а ирригационная система распределяет воду и питательные вещества для растений из резервуара [6]. Преимущества выращивания микрозелени в гроубоксе: экологичность, круглогодичное выращивание, удобство эксплуатации.

Цель представленных исследований заключалась в оценке выращивания микрозелени различных овощных культур в регулируемых условиях микроклимата в гроубоксе.

Материалы и методы исследований

С ноября 2023 г. по август 2025 г. на кафедре плодовоовощеводства и декоративного садоводства Санкт-Петербургского ГАУ были проведены исследования по выращиванию микрозелени в регулируемых условиях микроклимата в гроубоксе в течение 18 циклов. Управление гроубоксом автоматизировано и осуществляется платформой Arduino.

Объектом исследований были семена и микрозелень таких растений, как брокколи, брюква, редис (сорт Виолетта и Ред Корал), редис зеленый, дайкон (редька японская), горчица листовая, кресс-салат, индау посевной, амарант овощной, кориандр и горох. Брокколи, брюква, редис, редька дайкон, горчица листовая, кресс-салат и индау посевной относятся к семейству Капустные, или Капустовые, или Брассиковые (лат. *Brassicaceae*), или Крестоцветные (*Cruciferae*). Амарант овощной относится к семейству Амарантовые (*Amaranthaceae*), кориандр – к семейству Зонтичные (*Apiaceae*), горох – к семейству Бобовые (*Fabaceae*).

В опыте использовали откалиброванные семена, без признаков болезней, не поврежденные вредителями, которые не протравливались химическими препаратами.

Посев семян осуществляли в трехкратной повторности в пластиковые лотки размером 18×11 см (200 см²). Норма высева семян для капустных составляла 4–6 г, амаранта – 2 г, кориандра – 5 г, гороха – 50 г на лоток. Плотность посева варьировала от 1 до 4 шт./см² соответственно для гороха и для мелких семян.

В качестве субстрата для выращивания на гидропонике использовали джутовые коврики, которые увлажняли перед посевом. Джутовые коврики – это органическая основа из натурального растительного волокна, предназначенная для проращивания семян. По сути, это специальная подложка для удержания влаги и фиксации корней молодых проростков. Семена высеивали плотно и равномерно на поверхность коврика в один слой, а затем помещали в гроубокс для прорастания в темноте при температуре 22–24 °С и влажности 70%. После появления всходов лотки в гроубоксе устанавливали на гидропонный поддон, из которого к корням растений через отверстия в нижней части лотков поступала вода. От появления всходов до срезки микрозелени поддерживали температуру +22 °С днем и + 20 °С ночью при относительной влажности воздуха в гроубоксе 60–65%. После появления проростков для обеспечения оптимальных условий их развития уровень аэрации составлял 20–30% от общего объема.

Свет является критически важным фактором для роста всех растений, и микрозелень – не исключение. Ростовые процессы и фотосинтез тесно связаны друг с другом, так как от их сбалансированности зависит конечный урожай. Оба эти процесса находятся в тесной зависимости от интенсивности и спектрального состава света [1]. Интенсивность освещения оказывает значительное влияние на структуру пигментного аппарата растений, за счет которого осуществляется накопление фотоассимилятов. Оптимальный свет для микрозелени должен быть близок к полному спектру солнечного света [10]. В гроубоксе для выращивания микрозелени установлены фитолампы полного спектра. На каждой полке расположены 2 лампы по 20 Вт с интенсивностью около 320 μmol/m²/s. Освещали растения в течение 12–14 часов в день. Расстояние между лампами и микрозеленью составляло 30 см.

При выращивании микрозелени необходимо регулярно контролировать pH, так как даже небольшие отклонения могут повлиять на доступность питательных веществ и качество урожая. Оптимальный уровень pH для большинства видов микрозелени, выращиваемых на джутовых ковриках, составляет от 5,5 до 6,5. В этом диапазоне большинство питательных веществ находятся в легкоусвояемой для растений форме. Минеральные удобрения не применяли.

При выполнении экспериментальной работы проводили учеты по энергии прорастания и всхожести семян в соответствии с ГОСТ 12038-84 [3].

Урожайность определяли путем взвешивания микрозелени при срезке по повторностям в каждом цикле выращивания, затем находили среднюю урожайность по каждой культуре.

Биохимические анализы выполняли в биохимической лаборатории университета согласно принятым методикам:

- сухую массу микрозелени определяли по ГОСТ 33977-2016 [4];
- содержание сухого вещества – гравиметрически после высушивания образцов при 105 °С до постоянной массы;
- сумму сахаров – по Бертрану;
- содержание аскорбиновой кислоты – по методике Мурри;
- нитраты – потенциометрическим методом [11].

Количественное определение суммы каротиноидов и хлорофилла проводили методом прямой спектрофотометрии. Для расчета количества хлорофилла *a*, хлорофилла *b*, общего хлорофилла и каротиноидов использовали расчетные формулы методики Лихтеналера (1987) [11, 13].

Органолептический анализ проводили методом оценки микрозелени по внешнему виду, а вкусовые качества – при дегустации.

Статистическую обработку результатов исследований выполняли методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [5].

Результаты и их обсуждение

Данные по посевным качествам семян исследуемых в опыте культур представлены в таблице 1.

Таблица 1. Энергия прорастания и лабораторная всхожесть семян микрозелени, %, среднее

Культуры	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %
Брокколи	96 ± 1,5	97 ± 1,0
Брюква	97 ± 1,0	97 ± 2,0
Редис Виолетта	97 ± 1,0	97 ± 2,0
Редис Ред Корал	96 ± 2,0	96 ± 1,0
Редька дайкон	96 ± 1,5	96 ± 1,0
Листовая горчица	97 ± 1,0	97 ± 2,0
Кресс-салат	92 ± 2,0	92 ± 2,0
Индау посевной	94 ± 2,0	96 ± 2,0
Амарант овощной	97 ± 1,0	92 ± 2,0
Кориандр	86 ± 2,0	89 ± 2,0
Горох	95 ± 2,0	93 ± 2,0

Самые высокие показатели энергии прорастания отмечены у редиса изучаемых сортов, брюквы, редьки дайкон, листовой горчицы и индау посевного – 94–98%. У кресс-салата этот показатель был ниже и составил 90–94%. Высокой энергией прорастания обладают семена амаранта овощного – 96–98%. Самый низкий показатель энергии прорастания фиксировался у кориандра – 84–88%. Высокой лабораторной всхожестью отличались семена семейства капустных – 95–99%, за исключением кресс-салата. У амаранта овощного и гороха лабораторная всхожесть находилась в пределах 90–95%, а у кориандра – 87–91%.

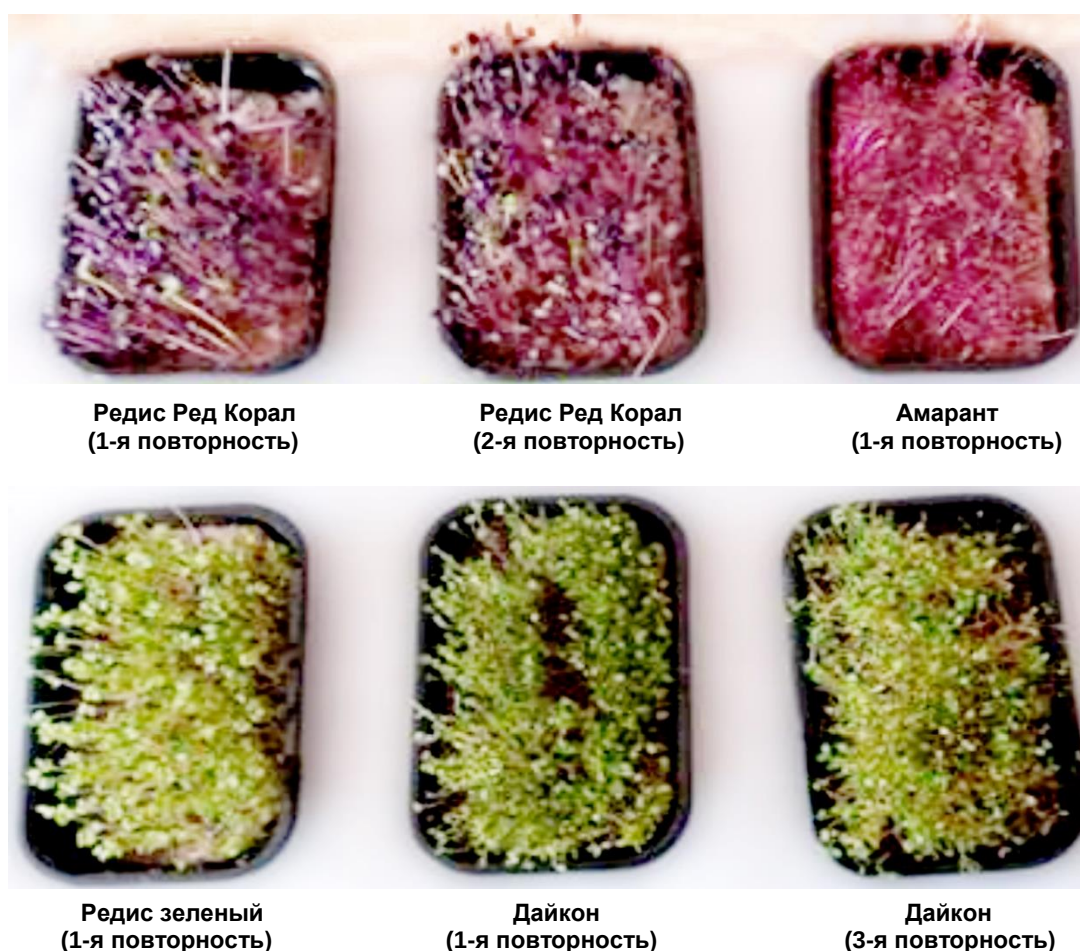
При производстве микрозелени от качества семян зависят скорость и равномерность прорастания, а также конечный результат цикла выращивания. Проведенная оценка посевного материала позволяет сделать вывод о высоком биоэнергетическом потенциале семян исследуемых культур.

Время прорастания семян микрорезелени семейства Капустные составило 1–3 дня, амаранта и кориандра – соответственно 3–4 и 5–6 дней, а гороха 4–5 дней после предварительного замачивания в течение 12 часов (табл. 5).

Выращенную микрорезелень срезали и взвешивали после формирования семядольных листьев у семейства Капустные через 8–9 дней после посева, за исключением индау посевного и брюквы, у которых этот период составил соответственно 9–10 и 10–11 дней. Амарант овощной срезали также после формирования семядольных листьев через 10–11 дней, а горох и кориандр – при образовании 2-х настоящих листьев, соответственно через 14–16 и 18–20 дней (табл. 5).

Высота микрорезелени у культур семейства Капустные составляла 6–7 см, у амаранта овощного и кориандра – 8–10 см, у гороха – 12–15 см.

Альтернативой срезке является реализация микрорезелени непосредственно в лотках (см. рис.). Критическим моментом в данном случае является достаточный уровень увлажнения, обеспечивающий выживание ростков при транспортировке до продажи.



Образцы микрорезелени исследуемых культур разных повторностей опыта, отобранные как лучшие для реализации

Урожайность микрорезелени зависит от посевных качеств семян и от вида культуры. Расчет урожайности микрорезелени проводили на 1 лоток, а при расчете на 1 м² исходили из возможности размещения 50 лотков. Максимальная урожайность сформировалась у гороха – 3775 г/м² и редьки дайкон – 2355 г/м². Отмечены высокие показатели урожайности микрорезелени брюквы – 2060 г/м², листовой горчицы – 1865 г/м² и брокколи – 1775 г/м². Самые низкие значения урожайности были у амаранта овощного – 950 г/м². У кресс-салата и кориандра урожайность составляла соответственно 1125 и 1140 г/м² (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность и сухая масса микрозелени в исследованиях (в среднем)

Культуры	Урожайность		Сухая масса	
	г/м ²	г/лоток	г/м ²	г/лоток
Брокколи	1775	35,5	180,0	3,60
Брюква	2060	41,2	223,5	4,47
Редис Виолетта	1690	33,8	186,5	3,73
Редис Ред Корал	1565	31,3	164,5	3,29
Редька дайкон	2355	47,1	260,5	5,21
Листовая горчица	1865	37,3	201,1	4,02
Кресс-салат	1125	22,5	110,5	2,21
Индау посевной	1485	29,7	146,5	2,93
Амарант овощной	950	19,0	124,6	2,49
Кориандр	1140	22,8	129,1	2,58
Горох	3775	75,5	419,0	8,38
НСР ₀₅	61,5	3,3	12,1	0,3

Установлено сильное варьирование по сухой массе микрозелени в зависимости от культуры – от 110,5 г/м² у кресс-салата до 419,0 г/м² у гороха.

Наибольшее содержание сухого вещества отмечали у микрозелени гороха – 11,21%, редьки дайкон – 9,54% и брюквы – 9,37%. Самые высокие показатели содержания суммы сахаров были у гороха – 7,6%, самые низкие – у листовой горчицы – 2,3%. У микрозелени семейства Капустные содержание суммы сахаров составляло 2,9–3,5% (табл. 3). Содержание аскорбиновой кислоты в микрозелени зависит от вида используемой культуры. Высокий уровень антиоксидантных веществ, таких как аскорбиновая кислота и каротиноиды, фиксировали у брокколи, редиса и гороха (табл. 4, 5). Полученные результаты согласуются с данными других исследователей [16, 17].

Таблица 3. Биохимические показатели микрозелени (в среднем)

Культуры	Сухое вещество, %	Сумма сахаров, %	Аскорбиновая кислота, мг/100 г	Нитраты, мг/кг
Брокколи	8,54	3,5	68,9	3,73
Брюква	9,37	3,1	54,5	10,57
Редис Виолетта	8,79	3,3	49,0	2,26
Редис Ред Корал	8,27	2,9	62,5	2,97
Редька дайкон	9,54	3,4	48,5	3,84
Листовая горчица	7,08	2,3	40,2	7,85
Кресс-салат	7,11	3,0	29,5	2,19
Индау посевной	7,35	3,2	38,3	3,92
Амарант овощной	8,63	3,7	44,5	6,54
Кориандр	7,73	3,4	32,3	12,34
Горох	11,21	7,6	50,7	24,37
НСР ₀₅	0,29	0,15	2,72	0,22

В исследуемой микрозелени отмечали невысокий уровень нитратов – от 2,19 (кресс-салат) до 24,37 мг/кг сырой массы (горох). В исследованиях других авторов сообщается о практически полном отсутствии нитратов в микрозелени [15].

Для эффективной работы растений по накоплению фотоассимилятов необходим развитый пигментный аппарат в листьях. Интенсивность освещения оказывает значительное влияние на структуру пигментного аппарата растений [10, 14].

Оценка содержания пигментов выявила, что наименьшее содержание хлорофилла *a* и *b* фиксировалось в микрозелени кресс-салата (40,43 мг/100 г) и листовой горчицы

(45,60 мг/100 г). Максимальные показатели накопления зеленых фотосинтезирующих пигментов были отмечены у микрозелени брокколи – 139,06 мг/100 г, достаточно высокие у редьки дайкон (88,43 мг/100 г) и гороха (81,09 мг/100 г). Анализ данных, приведенных в таблице 4, указывает на приоритетную роль хлорофилла *a*.

Таблица 4. Содержание пигментов в микрозелени (в среднем)

Культуры	Хлорофилл <i>a</i> , мг/100 г	Хлорофилл <i>b</i> , мг/100 г	Хлорофилл <i>a + b</i> , мг/100 г	Каротиноиды, мг/100 г
Брокколи	102,31	36,75	139,06	45,1
Брюква	33,28	17,78	51,06	26,8
Редис Виолетта	44,60	12,83	57,43	32,4
Редис Ред Корал	40,04	11,35	51,39	37,3
Редька дайкон	67,88	20,55	88,43	35,2
Листовая горчица	30,98	14,62	45,60	30,1
Кресс-салат	30,13	10,30	40,43	21,3
Индау посевной	36,08	12,92	49,00	18,8
Амарант овощной	38,04	23,70	61,74	31,6
Кориандр	49,01	18,75	67,76	25,4
Горох	58,75	22,34	81,09	51,3
НСР ₀₅	5,63	3,25	4,43	2,7

Органолептические показатели микрозелени всех изучаемых культур соответствовали данным ботаническим видам, посторонние запахи и привкус отсутствовали (табл. 5).

Таблица 5. Органолептическая оценка и продолжительность выращивания микрозелени (в среднем)

Культуры	Цвет	Вкус	Время прорастания, дней	Уборка урожае, дней
Брокколи	Листья и стебли светло-зеленые	Нежный, не острый, с легкой горчинкой	2–3	8–9
Брюква	Листья зеленые, стебли светло-зеленые	Слегка острый, пряный	2–3	10–11
Редис Виолетта	Листья темно-зеленые, стебли светло-зеленые	Острый, перечный	1–2	8–9
Редис Ред Корал	Листья красно-фиолетовые, стебли пурпурные	Острый, перечный	1–2	8–9
Редька дайкон	Листья зеленые, стебли белые	Нежный, с горчинкой	1–2	8–9
Листовая горчица	Листья зеленые, стебли желтовато-белые	Пряно-перечный, горчичный	1–2	8–9
Кресс-салат	Листья зеленые, стебли желтовато-белые	Перечный, острый	2–3	8–9
Индау посевной	Листья зеленые, стебли белые	Ореховый, с горчинкой, пикантный	1–2	9–10
Амарант овощной	Листья красные, стебли полупрозрачные, светло-пурпурные	Ореховый, сладковатый	3–4	10–11
Кориандр	Листья зеленые, стебли светло-зеленые	Яркий, пряный, ароматный	5–6	18–20
Горох	Листья и стебли светло-зеленые	Нежный, сладкий, хрустящий	4–5	14–16

Экономическая оценка результатов проведенных исследований включала в себя расчет всех основных ценообразующих показателей.

Затраты на выращивание микрозелени определяли из расчета на 1 лоток, учитывая стоимость семян микрозелени по культурам, субстрата для выращивания (джутовые коврики), гроубокса, воды.

Эксплуатационные затраты связаны с энергопотреблением гроубокса и включают в себя затраты на люминесцентные лампы (общая сумма затрат при освещении на протяжении вегетации растений), на электроэнергию при работе системы охлаждения (на основе элемента Пельтье), на систему климат-контроля, на насосы для полива, на платформу Arduino, а также затраты на оплату труда, аренду помещения и амортизационные отчисления. В структуре затрат наибольшая доля приходится на стоимость семян, за исключением листовой горчицы. Стоимость продукции определяли исходя из средней закупочной цены микрозелени.

Данные по расчету экономической эффективности выращивания микрозелени приведены в таблице 6. Самая низкая себестоимость микрозелени была у гороха – 0,53 руб./лоток и у листовой горчицы – 0,63 руб./лоток, а самая высокая – у амаранта овощного и кориандра – соответственно 2,36 и 2,23 руб./лоток.

Таблица 6. Экономическая эффективность выращивания микрозелени (расчет на 1 лоток)

Культуры	Урожайность, г	Всего затрат, руб.	Себестоимость, руб.	Цена реализации, руб.	Чистый доход, руб.	Уровень рентабельности, %
Брокколи	35,5	42,3	1,19	120	77,7	183
Брюква	41,2	31,3	0,76	100	68,7	219
Редис Виолетта	33,8	34,5	1,02	100	65,9	191
Редис Ред Корал	31,3	38,1	1,22	100	71,9	188
Редька дайкон	47,1	40,5	0,86	120	79,2	195
Листовая горчица	37,3	23,6	0,63	70	46,4	197
Кресс-салат	22,5	28,4	1,26	90	61,6	216
Индау посевной	29,7	29,8	1,00	100	70,2	235
Амарант овощной	19,0	44,8	2,36	120	75,2	167
Кориандр	22,8	50,8	2,23	110	59,2	117
Горох	75,5	40,0	0,53	100	60,0	150

С учетом закупочной цены и затрат по каждому виду микрозелени получен достаточно высокий чистый доход – от 46,4 до 77,7 руб./лоток, который обеспечил высокий уровень рентабельности по всем вариантам опыта – от 117% у кориандра до 235% у индау посевного. Наиболее высокий уровень рентабельности получен у индау посевного – 235% и брюквы – 219%.

Заключение

При производстве микрозелени от качества семян зависят скорость и равномерность прорастания, а также конечный результат выращивания. Для выращивания микрозелени необходимо иметь качественные семена с энергией прорастания более чем 90% и всхожестью не менее 95%.

Установлено, что цикл выращивания микрозелени до сбора урожая варьирует и составляет в среднем 8–11 дней у капустных и амаранта, 14–16 дней у гороха и 18–20 дней у кориандра. В зависимости от вида культуры ростки в среднем достигали высоты 6–10 см (у гороха 12–15 см).

Максимальная урожайность сформировалась у гороха – 3775 г/м² (75,5 г/лоток), высокая у редьки дайкон – 2354 г/м² (47,1 г/лоток) и минимальная – у амаранта овощного – 950 г/м² (19,0 г/лоток).

Получен высокий уровень рентабельности, который варьировал от 117 до 235% (по вариантам), на основании чего можно утверждать, что выращивание микрозелени овощных культур экономически выгодно.

Список источников

1. Абиян М.В., Гиш Р.А., Подушин Ю.В. Влияние периода искусственного освещения на формирование рассады салата // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 101(07). С. 2199–2210.
2. Бурак Л.Ч., Карбанович В.И. Антиоксидантная активность микрозелени, потенциал использования. Обзор предметного поля // Научное обозрение. Биологические науки. 2023. № 4. С. 58–70. DOI: 10.17513/srbs.1342.
3. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. Москва: Издательство стандартов, 1984. 64 с.
4. ГОСТ 33977-2016 (Межгосударственный стандарт). Продукты переработки фруктов и овощей. Методы определения общего содержания сухих веществ. Москва: Стандартинформ, 2017. 11 с.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебное пособие. 5-е изд., доп. и перераб. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
6. Евсеев Е.А., Васильев С.И., Машков С.В. Разработка конструктивной схемы фитоустановки для малообъемного выращивания микрозелени и овощных культур // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 4. С. 58–64. DOI: 10.55170/19973225-2023-8-4-58.
7. Евсеев Е.А., Васильев С.И., Машков С.В. Разработка устройства фитобокса для выращивания овощных культур в защищенном грунте // Инновационные достижения науки и техники АПК: сборник научных трудов международной научно-практической конференции (Кинель, 28 февраля – 02 марта 2023 г.). Кинель: Самарский государственный аграрный университет, 2023. С. 112–115.
8. Кайгородова И.М., Ушаков В.А., Луканин В.И. и др. Новый функциональный продукт питания – микрозелень бобов – особенность и питательные свойства // Овощи России. 2024. № 1. С. 5–13. DOI: 10.18619/2072-9146-2024-1-5-13.
9. Кондратенко Т.А., Мирошина С.Н., Витязь С.Н. Опыт выращивания микрозелени семейства *Brassicaceae* // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 7(213). С. 19–24. DOI: 10.53083/1996-4277-2022-213-7-19-24.
10. Пашкевич А.М., Чайковский А.И., Рупасова Ж.А. и др. Влияние продолжительности светодиодного освещения на биохимический состав микрозелени гороха овощного // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. 2022. № 1. С. 37–45. DOI: 10.46646/2521-683X/2022-1-37-45.
11. Первушкин С.В., Куркин В.А., Воронин А.В. и др. Методики идентификации различных пигментов и количественного спектрофотометрического определения суммарного содержания каротиноидов и белка в фитомассе *S. platensis* (Nords.) Geilt. // Растительные ресурсы. 2002. Т. 38, № 1. С. 112–119.
12. Giordano M., El-Nakhel C., Ciriello M. et al. *Brassicaceae* genotype background dominates the qualitative and mineral profile of six microgreens species grown in controlled environment // Acta Horticulturae 1321: III International Symposium on Soilless Culture and Hydroponics: Innovation and Advanced Technology for Circular Horticulture 2021. 1321(1321). Pp. 243–250. DOI: 10.17660/ActaHortic.2021.1321.32.
13. Lichtenthaler H.K. Chlorophylls and Carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes // Methods in Enzymology. 1987. Vol. 148. Pp. 350–382.
14. Mir S.A., Shah M.A., Mir M.M. Microgreens: Production, shelf life, and bioactive components // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2017. Vol. 57(12). Pp. 2730–2736. DOI: 10.1080/10408398.2016.1144557.
15. Pannico A., Graziani G., El-Nakhel C. et al. Nutritional stress suppresses nitrate content and positively impacts ascorbic acid concentration and phenolic acids profile of lettuce microgreens // Italus Hortus. 2020. Vol. 27(3). Pp. 41–52. DOI: 10.26353/j.itahort/2020.3.4152.
16. Xiao Z., Lester G.E., Luo Y. et al. Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: edible microgreens // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2012. Vol. 60(31). Pp. 7644–7651. DOI: 10.1021/jf300459b.
17. Xiao Z., Rausch S., Luo Y. et al. Microgreens of *Brassicaceae*: Genetic Diversity of Phytochemical Concentrations and Antioxidant Capacity // LWT – Food Science and Technology. 2019. Vol. 101. Pp. 731–737. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.10.076.
18. Zhang Y., Xiao Z., Ager E. et al. Nutritional quality and health benefits of microgreens, a crop of modern agriculture // Journal of Future Foods. 2021. Vol. 1(1). Pp. 58–66. DOI: 10.1016/j.jfutfo.2021.07.001.

References

1. Abyan M.V., Gish R.A., Podushin Yu.V. Influence of a period of artificial lighting on formation of lettuce seedlings. *Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University*. 2014;101(07)2199-2210. (In Russ.).
2. Burak L.Ch., Karbanovich V.I. Antioxidant activity of microgreens, potential use. An overview of the subject field. *Scientific Review. Biological Science*. 2023;4:58-70. DOI: 10.17513/srbs.1342. (In Russ.).

3. GOST 12038-84. Agricultural seeds. Methods for determination of germination. Moscow: Publishing House of Standards; 1984. 64 p. (In Russ.).
4. GOST 33977-2016 (Interstate Standard). Fruit and vegetable products. Methods for determination of total solid content. Moscow: Standartinform; 2017. 11 p. (In Russ.).
5. Dospekhov B.A. Field-plot Technique (with the Basics of Statistical Processing of Results of Research and Experiments): study guide. 5th edition, revised and enlarged. Moscow: Agropromizdat Publishers; 1985. 351p. (In Russ.).
6. Evseev E.A., Vasiliev S.I., Mashkov S.V. Development of a design scheme of a photoinstallation for low-volume cultivation of microgreens and vegetable crops. *Bulletin Samara State Agricultural Academy*. 2023;4:58-64. DOI: 10.55170/19973225_2023_8_4_58. (In Russ.).
7. Evseev E.A., Vasiliev S.I., Mashkov S.V. Development of a phytobox device for growing vegetable crops in protected ground. In: Innovative Achievements of Science and Technology for Agro-Industrial Complex: Proceedings of the International Research-to-Practice Conference (Kinel, February 28 – March 02, 2023). Kinel: Samara State Agrarian University; 2023:112-115. (In Russ.).
8. Kaigorodova I.M., Ushakov V.A., Lukanin V.I. et al. New functional food product – bean microgreens: features and nutritional properties. *Vegetables Crops of Russia*. 2024;1:5-13. DOI: 10.18619/2072-9146-2024-1-5-13. (In Russ.).
9. Kondratenko T.A., Miroshina S.N., Vityaz S.N. Experience in growing microgreens of the *Brassicaceae* family. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2022;7(213):19-24. DOI: 10.53083/1996-4277-2022-213-7-19-24. (In Russ.).
10. Pashkevich H.M., Tsaiikovskaya A.I., Rupasova Z.A. et al. The influence of the duration of led lighting on the biochemical composition of the peas microgreens. *Journal of the Belarusian State University. Ecology*. 2022;1:37-45. DOI: 10.46646/2521-683X/2022-1-37-45. (In Russ.).
11. Pervushkin S.V., Kurkin V.A., Voronin A.V. et al. Methods for the identification of various pigments and quantitative spectrophotometric determination of the total protein content in *S. platensis* (Nords.) Geitl phyto-mass. *Plant Resources*. 2002;38(1):112-119. (In Russ.).
12. Giordano M., El-Nakhel C., Ciriello M. et al. Brassicaceae genotype background dominates the qualitative and mineral profile of six microgreens species grown in controlled environment. *Acta Horticulturae* 1321: III International Symposium on Soilless Culture and Hydroponics: Innovation and Advanced Technology for Circular Horticulture 2021;1321(1321):243-250. DOI: 10.17660/ActaHortic.2021.1321.32.
13. Lichtenthaler H.K. Chlorophylls and Carotenoids: pigments of photosynthetic. *Methods in Enzymology*. 1987. Vol. 148. Pp. 350–382.
14. Mir S.A., Shah M.A., Mir M.M. Microgreens: Production, shelf life, and bioactive components. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2017;57(12):2730-2736. DOI: 10.1080/10408398.2016.1144557.
15. Pannico A., Graziani G., El-Nakhel C. et al. Nutritional stress suppresses nitrate content and positively impacts ascorbic acid concentration and phenolic acids profile of lettuce microgreens. *Italus Hortus*. 2020;27(3):41-52. DOI: 10.26353/j.itahort/2020.3.4152.
16. Xiao Z., Lester G.E., Luo Y. et al. Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: edible microgreens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2012;60(31):7644-7651. DOI: 10.1021/jf300459b.
17. Xiao Z., Rausch S., Luo Y. et al. Microgreens of *Brassicaceae*: Genetic Diversity of Phytochemical Concentrations and Antioxidant Capacity. *LWT – Food Science and Technology*. 2019;101:731-737. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.10.076.
18. Zhang Y., Xiao Z., Ager E. et al. Nutritional quality and health benefits of microgreens, a crop of modern agriculture. *Journal of Future Foods*. 2021;1(1):58-66. DOI:10.1016/j.jfutfo.2021.07.001.

Информация об авторах

Н.А. Адрицкая – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры плодовоощеводства и декоративного садоводства ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», natali.adritska@mail.ru.

М.Р. Гейбатов – магистрант кафедры плодовоощеводства и декоративного садоводства ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», cool.geybatov@mail.ru.

Information about the authors

N.A. Adritskaya, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Fruit and Vegetable Growing and Ornamental Horticulture, Saint Petersburg State Agrarian University, natali.adritska@mail.ru.

M.R. Geybatov, Master's Degree Student, the Dept. of Horticulture and Ornamental Gardening, Saint Petersburg State Agrarian University, cool.geybatov@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 25.11.2025; одобрена после рецензирования 26.12.2025; принята к публикации 15.01.2026.

The article was submitted 25.11.2025; approved after reviewing 26.12.2025; accepted for publication 15.01.2026.

© Адрицкая Н.А., Гейбатов М.Р., 2026

4.1.5. МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА (СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 631.9

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2026_1_76

EDN: QENAHY

Цифровая мультиспектральная съемка для оценки гидрологических условий пойменных кормовых угодий Центрального Черноземья

Юрий Алексеевич Куликов^{1✉}, Елена Владимировна Куликова²

^{1, 2} Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
Воронеж, Россия

¹ juriy.kulikov@yandex.ru✉

Аннотация. Водный режим пойменных сельскохозяйственных угодий во многом определяется гидрологическими циклами прилегающего водоема. Высокая влагообеспеченность пойменных почв в весенний период сочетается с локальным переувлажнением, вызванным застоем открытой воды в аккумулятивных формах микрорельефа. Традиционные методы мониторинга пространственного распределения влаги в границах сельскохозяйственных угодий являются достаточно трудоемкими и имеют ряд ограничений по возможностям представительного охвата территории. В ходе исследования был проведен сравнительный анализ применимости нескольких спектральных индексов в параллельной комбинации для мониторинга гидрологических условий пойменного луга в лесостепи ЦЧР. Использовали индексы NDVI, NDWI и MSI, получаемые в результате обработки мультиспектральных снимков космического аппарата Sentinel-2 с пространственным разрешением 10 м/п. Результаты исследования показывают преимущества использования комбинации спектральных индексов в сравнении с отдельным применением для мониторинга гидрологического режима пойменных кормовых угодий. Использование связанных характеристик «фитомасса – увлажнение – тургор», коррелирующих соответственно с NDVI, NDWI и MSI, позволяет выявлять состояние растительности в каждой точке исследуемой территории в пределах возможностей пространственного разрешения съемки. Короткие интервалы съемки дают возможность проводить регулярный циклический мониторинг состояния пойменных угодий для оперативной адаптации сроков проведения технологических операций и разработки гидромелиоративных приемов для регулирования водного режима территории. Использование специализированного программного обеспечения отечественной разработки позволяет организовать производственное применение рассматриваемого подхода для рутинного мониторинга сельскохозяйственных угодий специалистами агропредприятий и профильных ведомств, заинтересованных в широкоохватном представительном наблюдении за изменениями гидрологических условий земель сельскохозяйственного назначения.

Ключевые слова: гидрология суши, гидромелиорация, мультиспектральная съемка, цифровые агротехнологии, вегетационные индексы (NDVI, MSI, NDWI), кормовые угодья

Для цитирования: Куликов Ю.А., Куликова Е.В. Цифровая мультиспектральная съемка для оценки гидрологических условий пойменных кормовых угодий Центрального Черноземья // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, № 1(88). С. 76–83. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_76–83.

4.1.5. LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS (AGRICULTURAL SCIENCES)

Original article

Digital multispectral survey for assessing hydrological conditions of floodplain forage lands of the Central Chernozem Region

Yuri A. Kulikov^{1✉}, Elena V. Kulikova²

^{1, 2} Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Voronezh, Russia

¹ juriy.kulikov@yandex.ru✉

Abstract. The water regime of floodplain agricultural lands is largely determined by the hydrological cycles of the adjacent water body. High moisture availability of floodplain soils in the spring is combined with local water damping caused by stagnation of open water in accumulative forms of microrelief. Traditional methods of spatial moisture distribution monitoring within the boundaries of agricultural lands are quite time-taking and have a number of limitations concerning the possibilities of representative coverage of the territory. In the course of the study, a comparative analysis of the applicability of several spectral indices in parallel combination for monitoring the hydrological conditions of a floodplain meadow in the forest steppe of the Central Chernozem Region was carried out. The NDVI, NDWI and MSI indices were used, obtained as a result of processing multispectral images

of the Sentinel-2 spacecraft with a spatial resolution of 10 m/p. The results of the study show the advantages of using a combination of spectral indices in comparison with their separate use for monitoring the hydrological regime of floodplain forage lands. The use of the related characteristics phytomass – moisture – turgor, correlating to NDVI, NDWI and MSI, respectively, enables identification of vegetation status at each point of the studied territory within the limits of the spatial resolution of the survey. Short survey intervals make it possible to carry out regular cyclic monitoring of the condition of floodplain lands for operational adaptation of the timing of technological operations and the development of hydro amelioration techniques for regulating the water regime of the territory. The use of specialized software developed in Russia allows organizing application of the considered approach for routine monitoring of agricultural lands by specialists from agricultural enterprises and profile authorities interested in comprehensive representative monitoring of changes in the hydrological conditions of agricultural lands.

Key words: land hydrology, hydro amelioration, multispectral surveying, digital agricultural technologies, vegetation indices (NDVI, MSI, NDWI), forage lands

For citation: Kulikov Yu.A., Kulikova E.V. Digital multispectral survey for assessing hydrological conditions of floodplain forage lands of the Central Chernozem Region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(1):76-83. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_6_1_76-83.

Введение

Гидрологические условия сельскохозяйственных угодий, сформированных в поймах малых рек Центрального Черноземья, являются важным фактором, определяющим возможность и параметры хозяйственного использования высокопродуктивных лугов. Динамика сезонных уровней речных вод определяет изменение влагообеспеченности почвенного профиля прирусловых территорий. Для речной сети региона характерен восточноевропейский тип стока с высоким весенним половодьем, летней меженью, прерываемой эпизодическими ливнями, низкой зимней меженью и повышенным осенним стоком [1, 11]. Своевременное выявление моментов изменения фаз речного стока, а также их возможное прогнозирование определяют сроки проведения агротехнических мероприятий на пойменных участках, которые целесообразно использовать в качестве сенокосных угодий и пастбищ [8, 9].

Мониторинг водного режима речных пойм традиционно выполнялся с использованием таких методов прямых измерений, как динамическое наблюдение периодов половодья и межени, бурение с послойным отбором образцов почвы для определения водно-физических свойств с последующей пространственной интерпретацией результатов измерений. Очевидная трудоемкость натурных исследований и прямых измерений ограничивает возможную периодичность циклов мониторинга и не позволяет обеспечить обширный пространственный охват. С развитием технологий космической и автоматизированной аэрофотосъемки появилась возможность получения обзорных материалов дистанционного зондирования в широком диапазоне пространственного разрешения [2, 3, 5, 6].

В настоящее время в научно-исследовательской работе и сельскохозяйственном производстве применяется ряд производных мультиспектральной съемки в виде разностных спектральных индексов, характеризующих различные свойства объектов земной поверхности. Наиболее распространенным является индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), широко задействованный для оценки пространственно-временной динамики развития наземной растительности [10, 12, 14, 15, 16]. Использование различных спектральных каналов дает возможность расчета множества спектральных индексов, коррелирующих в том числе с гидрологическими характеристиками.

Обработка материалов мультиспектральной съемки осуществляется с помощью специализированного программного обеспечения, поддерживающего работу с растровыми цифровыми данными [2, 4, 13]. Для оценки поверхностного распределения влаги на земной поверхности используется широкий набор разностных индексов, среди которых наибольшее распространение применительно к задачам сельскохозяйственного производства получили NDWI (Normalized Differential Water Index) и MSI (Moisture Stress Index).

Индекс NDWI рассчитывается как отношение разности к сумме интенсивностей зеленого ($\lambda = 560$ нм) и ближнего инфракрасного ($\lambda = 842$ нм) спектральных каналов.

Для расчета индекса MSI используется отношение интенсивности коротковолнового инфракрасного ($\lambda = 1610$ нм) к ближнему инфракрасному ($\lambda = 842$ нм) каналу.

Физический принцип спектральных индексов основан на избирательности поглощения и отражения объектов земной поверхности в различных диапазонах электромагнитных волн. Индекс MSI имеет высокую корреляцию к изменению содержания влаги в тканях растений за счет увеличения поглощения на участке $\lambda = 1599$ нм, что дает возможность дифференциации зон развития растительного покрова в разных условиях влагообеспеченности при опосредованном анализе состояния тургора, определяемого по величине индекса MSI [12]. Метод построения серии цифровых карт поверхности пойменных кормовых угодий на основе комплекса спектральных индексов позволяет проводить широкоохватный короткопериодический мониторинг компонентов агроэкосистем для диагностики состояния их водного режима и выработки способов оптимизации планирования агротехнологических операций, зависящих от состояния увлажнения поверхности.

Цель исследования заключалась в выполнении сравнительного анализа информативности и применимости материалов мультиспектральной спутниковой космосъемки в виде цифровых карт индексов NDVI, NDWI, MSI, а также снимков в естественных цветах (RGB) для мониторинга пространственного распределения поверхностных вод на территории пойменных кормовых угодий в период весеннего половодья.

Объекты и методы исследований

Исследование проводилось на территории сенокосно-пастбищного участка, расположенного в пойме реки Елань Терновского района Воронежской области с координатами 51.68677, 41.33026 (WGS 84). На северо-восточной окраине участок прилегает к руслу реки Елань, а западный и южный края охватываются старичным сезонно пересыхающим руслом, питаемым водосбором локальной овражно-балочной сети.

В ходе комплексного многолетнего исследования, затрагивающего изучение сезонной динамики продуктивности пойменных лугов, изменения гидрологических характеристик почвенного покрова речной поймы и их взаимосвязь с планированием и выполнением технологических операций сенокоса и кормозаготовки, производились обработка и анализ материалов цифровой мультиспектральной космосъемки. В качестве источника использовались снимки космического аппарата Sentinel-2, с пространственным разрешением съемочной аппаратуры в мультиспектральном режиме 10 метров на пиксель. Техническая периодичность съемки составляла от 2 до 3 суток и определялась параметрами солнечно-синхронной орбиты.

Для анализа спектральных характеристик изучаемой территории были отобраны сцены с нулевым покрытием облачности на дату съемки. Использовались тайлы следующих спектральных каналов: зеленый ($\lambda = 560$ нм), красный ($\lambda = 665$ нм), ближний инфракрасный ($\lambda = 842$ нм), коротковолновый инфракрасный ($\lambda = 1610$ нм).

Оценка пространственного распределения живой надземной фитомассы производилась на основе карт индекса NDVI. Расчет индекса выполнялся по общепринятой формуле:

$$NDVI = (B_{8,842} - B_{4,665}) / (B_{8,842} + B_{4,665}), \quad (1)$$

где $B_{8,842}$ и $B_{4,665}$ – номера спектральных каналов с соответствующей длиной волны.

Распределение поверхностной влаги оценивалось с использованием индекса NDWI по расчетной формуле

$$NDWI = (B_{30.560} - B_{80.842}) / (B_{30.560} + B_{80.842}), \quad (2)$$

где $B_{30.560}$ и $B_{80.842}$ – номера спектральных каналов с соответствующей длиной волны.

Для оценки содержания влаги в тканях растений и косвенного определения состояния тургора применялся индекс MSI, рассчитываемый по формуле

$$MSI = B_{110.1610} / B_{80.842}, \quad (3)$$

где $B_{110.1610}$ и $B_{80.842}$ – номера спектральных каналов с соответствующей длиной волны.

Обработка геопространственных данных и материалов мультиспектральной космосьемки выполнялась с использованием специализированного программного обеспечения Quantum GIS и АгроСигнал [3, 4, 6, 7]. В результате обработки первичных мультиспектральных данных были построены параллельные ряды цифровых карт разностных индексов с градиентной цветокодировкой интервалов значений для представительного отображения состояния исследуемой территории. В полученных параллелях из карт NDVI, NDWI, MSI и RGB на одну дату съемки выполнялось сопоставление визуализирующих элементов поверхности.

Результаты и их обсуждение

В период с 2021 по 2025 г. было обработано 185 мультиспектральных сцен, удовлетворяющих критериям исследования – безоблачные снимки в период вегетационного сезона от момента схода снежного покрова до окончания осенней вегетации. Наибольший интерес представляли материалы космосьемки, охватывающие весенний период от начала половодья до установления летней межени, поскольку затопление и последующее высыхание поверхности пойменного луга имеют прямую взаимосвязь с динамикой влагообеспеченности верхних корнеобитаемых почвенных горизонтов, горизонтальным распределением влаги по формам микрорельефа и, соответственно, формированием оптимальных гидрологических условий для развития луговой растительности.

Серия карт индексов NDVI, NDWI, MSI и снимков RGB в весенний период каждого года исследования демонстрировала выраженную взаимосвязь с визуально наблюдаемым состоянием поверхности в части образования открытого водного зеркала в аккумулятивных формах микрорельефа после снеготаяния и разлива реки.

Индекс NDVI, традиционно используемый для оценки степени развития растительного покрова, показывал повышенные значения ($> 0,25$) на участках, свободных от открытой воды, и принимал значения от 0,05 до 0,20 в местах локального переувлажнения и затопления. Однако установленная эмпирическим путем взаимосвязь низких значений индекса с явлениями локального переувлажнения не позволяет однозначно напрямую интерпретировать показания NDVI в части вероятного присутствия избыточной влаги, поскольку такой же диапазон значений характерен и для других объектов земной поверхности, например открытой почвы с высокой отражательной способностью.

На рисунке 1 показан пример карты индекса NDVI с выраженным очагом низких значений, соответствующих в данном случае угнетению вегетации на фоне влияния локального переувлажнения.



Рис. 1. Карта индекса NDVI по материалам съемки за 14.03.2023

Источник: подготовлено авторами.

Карты индекса NDWI позволили более точно определить причины снижения NDVI на фоне высокой корреляции с уровнем поверхностной влаги, что обусловлено физическим принципом работы индекса. В условиях, когда значения индекса NDVI не позволяют с высокой степенью вероятности определить причины угнетения вегетации, использование NDWI дает возможность прямой дифференциации исследуемой территории по признаку различий в степени увлажнения различных участков поверхности. На рисунке 2 представлена карта индекса NDWI из параллельной серии с показанным выше снимком NDVI.

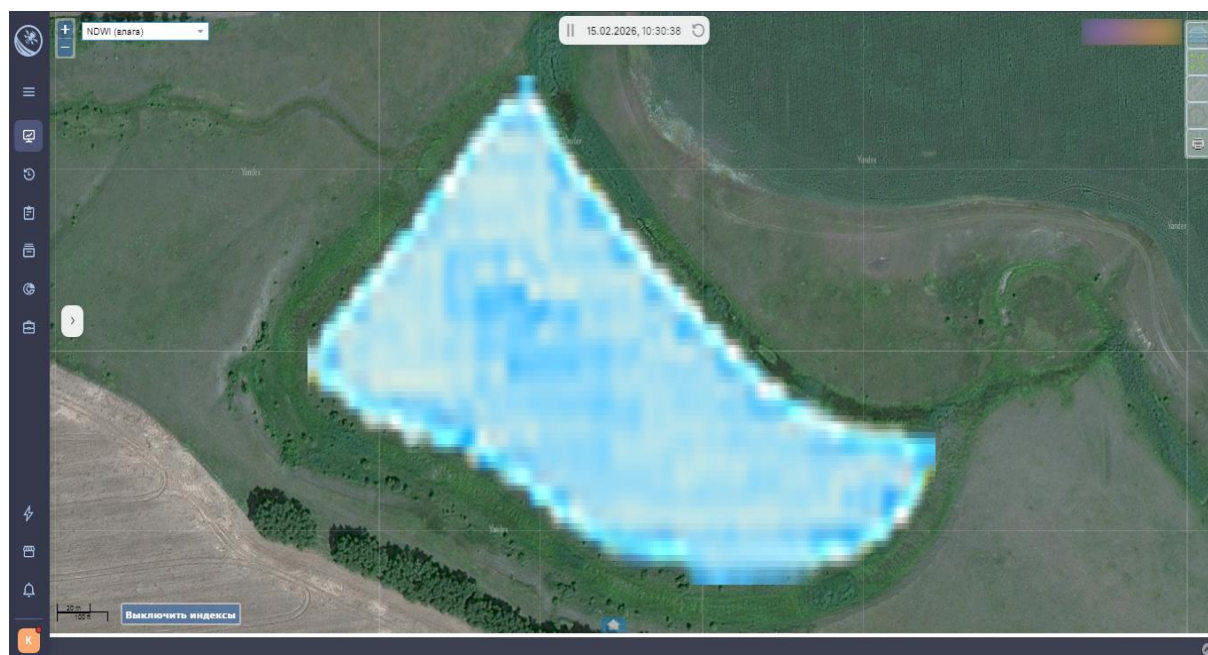


Рис. 2. Карта индекса NDWI по материалам съемки за 14.03.2023

Источник: подготовлено авторами.

Как видно при парном сравнении, индекс NDWI демонстрирует увеличение значений в зонах переувлажнения – центральная часть пойменного луга и подтопляемый прирусловой периметр. При этом на карте NDWI несколько затруднена дифференциация зон с открытым водным зеркалом и поверхностным переувлажнением. Если нормализованный вегетационный индекс позволяет выявить четкие границы угнетения вегетации, но не объясняет причин данного явления, то нормализованный водный индекс однозначно коррелирует с уровнем увлажнения территории.

В комплексном анализе гидрологического состояния территорий, подвергающихся периодическому переувлажнению или иссушению, может быть целесообразно применение физиологически чувствительных спектральных индексов, к которым относится MSI. Разница в поглотительной и отражательной способности ткани живых растений с нормальным и сниженным тургором на коротковолновом участке спектра дает возможность дифференциальной детекции состояний, вызванных дефицитом влаги или угнетением физиологических процессов. На рисунке 3 представлена карта индекса MSI из параллельной серии с рассматриваемыми примерами карт NDVI и NDWI.



Рис. 3. Карта индекса MSI по материалам съемки за 14.03.2023

Источник: подготовлено авторами.

В ходе исследования гидрологических циклов «половодье – межень» выполнены параллельные сопоставления карты индекса MSI с картами NDVI и NDWI, позволившие выявить следующие закономерности:

- обратно пропорциональную зависимость между высокими значениями индекса MSI (состояние низкого тургора) и низкими значениями индекса NDWI (недостаточное увлажнение) в случае снижения тургора растений вследствие дефицита влаги;
- взаимосвязь между индексом MSI и индексом NDVI на ограниченном участке их значений (от 0,62 до 0,80 для NDVI и от 0,55 до 0,81 для MSI) с коэффициентом корреляции, равным $-0,55$;
- в весенний период при переувлажнении после завершения снеготаяния значения индекса MSI увеличиваются (низкое состояние тургора растений) и соответствуют низким значениям индекса NDVI, сложившимся вследствие слабого развития наземной фитомассы в начальные периоды вегетации растений.

Выводы

Результаты исследования показывают, что дистанционная цифровая мультиспектральная съемка с расчетом параллельных рядов индексов NDVI, NDWI и MSI характеризуется высокой информативностью за счет наличия возможности анализа большего массива данных мониторинга гидрологических условий высокопродуктивных пойменных кормовых угодий.

Применение отдельных спектральных индексов при анализе водного режима является менее эффективным, поскольку физическая природа каждого разностного или относительного индекса ограничивает возможность трактовки причин пространственной неоднородности коррелирующего признака.

Совместное использование индексов, учитывающих связанные характеристики «фитомасса – увлажнение – тургор», позволяет анализировать причинно-следственные связи и корреляции, что особенно важно для эффективного планирования технологических операций и гидромелиоративных мероприятий, направленных на регулирование водного режима сельскохозяйственных угодий в условиях сохраняющегося тренда климатических изменений.

Список источников

1. Иванов А.Н., Неговская Т.А. Гидрология и регулирование стока: учебное пособие. Москва: Колос, 1970. 288 с.
2. Гусев А.П. Многолетние изменения вегетационных индексов как индикатор динамики состояния природных и антропогенных геосистем // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2021. Т. 7(17), № 2. С. 202–209.
3. Гуцаки М.А., Данилюк И.В. Изучение возможности использования различных типов данных дистанционного зондирования Земли для вычисления вегетационного индекса NDVI // Земля Беларуси. 2020. № 4. С. 20–25.
4. Заров Е.А. Основы работы в программе Quantum-GIS: учебно-методическое пособие. Ханты-Мансийск: Югорский государственный университет, 2018. 34 с.
5. Кирсанов А.Д., Комаров А.А. Использование индекса NDVI для оценки развития многолетних трав в условиях пространственно-временной неоднородности на торфяных почвах // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2024. Т. 21, № 2. С. 143–155. DOI: 10.21046/2070-7401-2024-21-2-143-155.
6. Куликов Ю.А., Куликова Е.В. Мультиспектральная съемка как инструмент дистанционного мониторинга состояния растительности природных территорий и агроландшафтов // Теория и практика инновационных технологий в АПК: материалы национальной научно-практической конференции (Воронеж, 01 апреля – 31 мая 2024 г.). Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2024. Ч. 3. С. 152–157.
7. Лапенко Н.Г., Ерошенко Ф.В., Сторчак И.Г. Продуктивность природных кормовых угодий и данные дистанционного зондирования Земли // Степи Северной Евразии: материалы VIII международного симпозиума (Оренбург, 10–13 сентября 2018 г.) Оренбург: Институт степи Уральского отделения Российской академии наук, 2018. С. 552–555.
8. Трофимова Л.С., Косолапов В.М., Трофимов И.А. и др. Луговые экосистемы в биосфере, агроландшафтах и сельском хозяйстве России и мира // Фундаментальные исследования. 2014. № 3-3. С. 528–532.
9. Ненароков М.И. Сенокосы и пастбища Воронежской области. Воронеж: Книжное издательство, 1959. 144 с.
10. Рязанов С.С., Кулагина В.И. Обзор российских и иностранных источников мультиспектральных снимков для создания систем агроэкологического мониторинга // Российский журнал прикладной экологии. 2024. № 2(38). С. 4–18. DOI: 10.24852/2411-7374.2024.2.04.18.
11. Хруцкий С.В., Семенов О.П., Косцова Э.В. Формы первичной гидрографической сети, их генезис и проблемы типизации // Геоморфология и палеогеография. 1998. № 4. С. 85–91.
12. Черепанов А.С. Вегетационные индексы // Геоматика. 2011. № 2. С. 98–102.
13. Amani M., Mahdavi S., Ghorbanian A. et al. Google Earth Engine Cloud Computing Platform for Remote Sensing Big Data Applications: A Comprehensive Review // IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. 2020. Vol. 13. Pp. 5326–5350. DOI: 10.1109/JSTARS.2020.3021052.
14. Sentinel-2 User Handbook: European Space Agency Standard Document. Paris: ESA, 2015. Issue 5, Revision 2. 64 p.

15. Toigildin A., Kulikov Yu., Toigildina I. et al. Geographic information systems in forecasting the winter wheat yield // XIV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2021": Precision agriculture and agricultural machinery industry (Rostov-on-Don, February 24–26, 2021). Switzerland: Springer Verlag, 2022. Vol. 246. Pp. 322–329. DOI: 10.1007/978-3-030-81619-3_36.

16. Valero S., Arnaud L., Planells M. et al. Synergy of Sentinel-1 and Sentinel-2 imagery for early seasonal agricultural crop mapping // Remote Sensing. 2021. Vol. 13(23). Article No. 4891. DOI: 10.3390/rs13234891.

References

1. Ivanov A.N., Negovskaya T.A. Hydrology and flow regulation: study guide. Moscow: Kolos Publishers; 1970. 287 p. (In Russ.).

2. Gusev A.P. Long-term changes in vegetation indices as an indicator of the dynamics of the state of natural and anthropogenic geosystems. *Geopolitics and Ecogeodynamics of regions*. 2021;7(2):202-209.

3. Gutsaki A.N., Danilyuk I.V. Studying the possibility of using various types of Earth remote sensing data to calculate the NDVI. *Land of Belarus*. 2020;4:20-25.

4. Zarov E.A. Fundamentals of work in the Quantum-GIS program: educational and methodical manual. Khanty-Mansiysk: Yugorsky State University Publishers; 2018. 34 p.

5. Kirsanov A.D., Komarov A.A. Using the NDVI index to assess the development of perennial grasses under conditions of spatial and temporal heterogeneity. *Current problems in remote sensing of the Earth from space*. 2024;21(2):143–155. DOI: 10.21046/2070-7401-2024-21-2-143-155.

6. Kulikov Yu.A., Kulikova E.V. Multispectral photography as a tool for remote monitoring of vegetation conditions in natural areas and agricultural landscapes. In: Theory and practice of innovative technologies in agriculture: Proceedings of the National Research-to-Practice Conference (Voronezh, April 01 – May 31, 2024). Voronezh: Voronezh State Agrarian University Publishers. 2024;3:152-157.

7. Lapenko N.G., Eroshenko N.G., Storchak I.G. Efficiency of natural greenlands and data of remote sensing of Earth. Steppes of Northern Eurasia: Proceedings of the VIII International Symposium (Orenburg, September 10-13, 2018). Orenburg: Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; 2018:552-555.

8. Trofimova L.S., Kosolapov V.M., Trofimov I.A. et al. Grassland ecosystems in the biosphere, agrolandscapes and agriculture of Russia and the world. *Fundamental Research*. 2014;3-3:528-532.

9. Nenarokov M.I. Hayfields and pastures in Voronezh Oblast. Voronezh: Publishing House, 1959. 144 p.

10. Ryazanov S.S. A review of Russian and foreign sources of multispectral imagery for agroecological monitoring systems development // Russian Journal of Applied Ecology. 2024. № 2(38). Pp. 4-18. DOI: 10.24852/2411-7374.2024.2.04.18.

11. Khroutsky S.V., Semenov O.P., Kostsova E.V. Initial hydrographic system forms, their origin and problems of classification. *Geomorfologiya i Paleogeografiya*. 1998;4:85-91.

12. Cherepanov A.S. Vegetation indexes // Geomatics. 2011;2:98-102.

13. Amani M., Mahdavi S., Ghorbanian A. et al. Google Earth Engine Cloud Computing Platform for Remote Sensing Big Data Applications: A Comprehensive Review. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. 2020;13:5326-5350. DOI: 10.1109/JSTARS.2020.3021052.

14. Sentinel-2 User Handbook: European Space Agency Standard Document. Paris: ESA, 2015. Issue 5, Revision 2. 64 p.

15. Toigildin A., Kulikov Yu., Toigildina I. et al. Geographic information systems in forecasting the winter wheat yield. In: XIV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2021": Precision agriculture and agricultural machinery industry (Rostov-on-Don, February 24–26, 2021). Switzerland: Springer Verlag, 2022;246:322-329. DOI: 10.1007/978-3-030-81619-3_36.

16. Valero S., Arnaud L., Planells M. et al. Synergy of Sentinel-1 and Sentinel-2 imagery for early seasonal agricultural crop mapping. *Remote Sensing*. 2021;13(23):4891. DOI: 10.3390/rs13234891.

Информация об авторах

Ю.А. Куликов – кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры земледелия и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», juriy.kulikov@yandex.ru.

Е.В. Куликова – кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой геодезии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», melior-agronomy@inbox.ru.

Information about the authors

Yu.A. Kulikov, Candidate of Agricultural Science, Senior Lecturer, the Dept. of Soil Management and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, juriy.kulikov@yandex.ru.

E.V. Kulikova, Candidate of Biological Science, Docent, Head of the Dept. of Geodesy, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, melior-agronomy@inbox.ru.

Статья поступила в редакцию 23.02.2026; одобрена после рецензирования 27.03.2026; принята к публикации 29.03.2026.

The article was submitted 23.02.2026; approved after reviewing 27.03.2026; accepted for publication 29.03.2026.

© Куликов Ю.А., Куликова Е.В., 2026

4.3.1. ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 631.362.36+631.362:322

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2026_1_84

EDN: RGKSGQ

Обоснование режима работы семяочистительного отделения в составе поточной линии при подготовке семян озимой пшеницы на семенные цели

Виталий Алексеевич Гиевский^{1✉}, Владимир Иванович Оробинский², Алексей Михайлович Гиевский³

^{1, 2, 3} Воронежский государственный аграрный университет, Воронеж, Россия

¹ vitaliy.giyevskiy.99@mail.ru[✉]

Аннотация. Представлены результаты исследования, выполненного с целью обоснования режима работы машин в составе поточной линии при подготовке семян озимой пшеницы на семенные цели. Использовали семяочистительную линию, состоящую из приемного отделения, снабженного машиной предварительной очистки и сушилкой, и семяочистительного отделения, которое включало следующее основное технологическое оборудование фирмы Petkus: остоотделительную машину марки SE 10, воздушно-решетную зерноочистительную машину марки U15, триерный блок марки ZA 931, пневмосортировальный стол марки K-400, а также машину для протравливания семян марки СТ2-10. Рассматривалось распределение компонентов зернового вороха по таким показателям, как толщина зерновок и аэродинамические свойства. Доля обмолоченных неповрежденных зерновок в ворохе составляла 91,81%, поврежденных – 1,50, зерновок в пленке (недомолоченных) – 2,68, сорной и незерновой примеси – соответственно 2,20 и 1,81%. В основную часть неповрежденных зерновок вошли фракции, в которых зерновки имели среднюю толщину от 2,5 до 3,3 мм. Зерновки в пленке имели толщину от 2,9 до 3,7 мм, что делает невозможным их полное выделение в отдельную фракцию по этому показателю. Выделение таких зерновок осуществлялось триерным блоком Petkus ZA 931, завершение сортировки и окончательная очистка – пневмостолом Petkus K-400 при установке угла поперечного наклона 1,70–1,71°, продольного – 1,4° и подачей воздушного потока по зонам от 62–63% (зона 1) с последовательным увеличением в зоне 2 до 65–66% и в зоне 3 – до 67–68%. Очищенный ворох семян озимой пшеницы сорта Гомер имел следующие характеристики: средняя толщина – 2,779 мм (среднее стандартное отклонение 0,221 мм); средняя скорость витания – 8,91 м/с (среднее стандартное отклонение 0,862 м/с); масса 1000 зерновок – 51,8 г при средней массе зерновок исходного вороха 44,84 г. Полнота выделения примесей составила более 85,0%, что соответствует требованиям ГОСТ.

Ключевые слова: семена озимой пшеницы, состав вороха, теоретическая вероятность, статистические характеристики распределения, полнота выделения, режим работы, скорость витания

Для цитирования: Гиевский В.А., Оробинский В.И., Гиевский А.М. Обоснование режима работы семяочистительного отделения в составе поточной линии при подготовке семян озимой пшеницы на семенные цели // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, № 1(88). С. 84–95. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_84–95.

4.3.1. TECHNOLOGIES, MACHINERY AND EQUIPMENT FOR AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX (ENGINEERING SCIENCES)

Original article

Justification of the operating mode of the seed cleaning unit as part of the production line for winter wheat seeds preparation intended for seed purposes

Vitaliy A. Gievsky^{1✉}, Vladimir I. Orobinsky², Aleksey M. Gievsky³

^{1, 2, 3} Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

¹ vitaliy.giyevskiy.99@mail.ru[✉]

Abstract. The results of a study carried out to substantiate the operating mode of machines in the production line for winter wheat seeds preparation intended for seed purposes are presented. A seed cleaning line was used,

consisting of a receiving compartment equipped with a pre-cleaning machine and a dryer, and a seed cleaning compartment, which included the following basic technological equipment from Petkus: the SE 10 awn separator, the U15 air-and-screen grain cleaner, the ZA 931 grain sorting block, the K-400 gravity separator, as well as the CT2-10 seed-treating machine. The distribution of the components of the grain pile according to such indicators as kernel thickness and aerodynamic properties was considered. The proportion of threshed undamaged kernels in the pile was 91.81%, of damaged ones was 1.50%, kernels in the hull (underthreshed) was 2.68%, weed and tailings was 2.20% and 1.81%, respectively. The main part of the undamaged kernels included fractions in which the kernels had an average thickness of 2.5 to 3.3 mm. The kernels in the film had a thickness of 2.9 to 3.7 mm, which makes it impossible to completely separate them into a fraction according to this indicator. The separation of such grains was carried out by the Petkus ZA 931 grain sorting block, the sorting was completed and the final cleaning was carried out by the Petkus K-400 gravity separator when the angle of transverse inclination was set to 1.70-1.71°, longitudinal to 1.4° and air flow was applied in zones from 62-63% (Zone 1) with a sequential increase in Zone 2 to 65-66% and in Zone 3 up to 67-68%. The cleaned pile of winter wheat seeds of the Homer variety had the following characteristics: average thickness – 2.779 mm (average standard deviation 0.221 mm); average suspension velocity – 8.91 m/s (average standard deviation 0.862 m/s); thousand kernel weight is 51.8 g with an average grain weight of 44.84 g. The completeness of impurity liberation was more than 85.0%, which meets the requirements of All-Russian standards.

Keywords: winter wheat seeds, pile composition, theoretical probability, statistical characteristics of distribution, completeness of impurity liberation, operating mode, suspension velocity

For citation: Gievsky V.A., Orobinsky V.I., Gievsky A.M. Justification of the operating mode of the seed cleaning unit as part of the production line for winter wheat seeds preparation intended for seed purposes. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(1):84-95. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_84-95.

Введение

Интенсивные технологии производства зерна характеризуются применением научно обоснованного севооборота, норм дробного внесения удобрений по результатам диагностики, интегрированной защиты растений от сорняков, болезней и вредителей, обеспечивающих более полную реализацию потенциала семян. Отличительной особенностью этих технологий является наличие средств механизации, позволяющих выполнять все виды технологических операций в необходимые сроки, с высоким качеством и, как следствие, управлять производственным процессом [8, 10, 13].

Важным фактором в интенсивных технологиях является использование районированных семян интенсивных сортов, выращиванием которых занимаются специализированные предприятия одной из ступеней системы семеноводства.

С учетом конечного назначения продукции все работы по уходу за посевами наземным способом целесообразно проводить с оставлением постоянной технологической колеи (ПТК), которая необходима для проведения работ по защите растений агрегатами с опрыскивателями, внекорневой подкормки растений и десикации посевов перед уборкой урожая.

Для озимой пшеницы, возделываемой на семенные цели, проведение десикации особенно важно с точки зрения повышения качества семян за счет более «мягкого» режима работы молотильно-сепарирующих устройств (МСУ) зерноуборочных комбайнов и снижения степени повреждения семян. При низкой засоренности полей и проведении десикации рациональная настройка воздушно-решетной очистки зерноуборочных комбайнов при уборке может сократить до минимума содержание примесей в зерновом ворохе, что в свою очередь упростит состав линии для послеуборочной очистки и сортирования семян [10, 13].

Процессы послеуборочной обработки и очистки вороха на семенные цели в южных и центральных регионах России изучались Ю.И. Ермоловым, А.В. Бутовченко, А.Ф. Кольцовым, М.Н. Московским и др., которые в своих работах предложили классификацию технологических операций, воздушно-решетных машин, схем решетной очистки, а также систематизацию семяочистительных отделений поточных линий для подготовки семян зерновых культур [2, 7, 9, 15].

Разработке фракционной технологии подготовки семенного материала и воздушно-решетного сепаратора как базовой машины для ее реализации посвящены работы научной школы Воронежского ГАУ под руководством А.П. Тарасенко и В.И. Оробинского [5, 11, 12].

А.И. Бурков привел обобщенный анализ состояния и тенденций развития системы машин для очистки зерна и семян в России [1].

В.Д. Галкин и А.Д. Галкин проанализировали агрегаты и отдельные машины для подготовки семян, в том числе используемые на стадии окончательной очистки и сортировки [4].

В ряде работ обосновываются параметры пневмосистемы с горизонтальным воздушным потоком как для очистки товарного зерна, так и семян [6, 9, 16].

Получение максимального выхода семян требуемого качества из вороха выращенного зерна элитных районированных сортов при использовании универсальных воздушно-решетных машин, минимуме механических воздействий, ограниченном количестве специальных машин и транспортирующего оборудования является актуальным для предприятий системы семеноводства.

Цель исследований заключалась в обосновании режима работы машин семяочистительного отделения, обеспечивающих максимальный выход семян озимой пшеницы, отвечающих требованиям ГОСТ, при минимальном количестве используемых машин.

Озимая пшеница сорта Гомер первой репродукции на семенные цели возделывалась на поле, где предшественником являлся горох.

После уборки предшественника проводилась безотвальная минимальная обработка почвы комбинированными агрегатами. Посев осуществлялся в рекомендуемые для региона сроки (конец августа) с внесением основной дозы калийных и фосфорных удобрений агрегатами в составе трактора и сеялки с оставлением постоянной технологической колеи. Ранневесеннюю подкормку азотными удобрениями производили поверхностным способом. Вторую подкормку проводили в начале выхода растений в трубку и третью – в начале фазы колошения. Весь комплекс операций химической защиты осуществлялся с использованием постоянной технологической колеи в соответствующей фазе развития растений и проявления болезней или вредителей. За две недели до предполагаемого срока уборки при влажности зерна менее 30% проводили десикацию посевов озимой пшеницы.

Уборку выполняли зерноуборочными комбайнами с комбинированным МСУ фирмы CLAAS марки TUCANO 580. В соответствии с полевыми условиями и состоянием хлебостоя проводилась настройка основных органов молотильно-сепарирующего устройства и очистки на рациональный режим работы с использованием электронной бортовой системы комбайна [14]. Частота вращения молотильного барабана составляла 700 мин⁻¹ (зазор на выходе – 10 мм), частота вращения вала вентилятора очистки – 980 мин⁻¹ (открытие жалюзи решет: верхнего – 14 мм, нижнего и удлинителя – 9 мм).

Материалы и методы

Биологическая урожайность посевов озимой пшеницы оценивалась как 48,5 ц/га. Суммарные потери зерна в соломе и полове не превышали 1,5%.

Для подготовки семян использовали семяочистительную линию, состоящую из приемного отделения, снабженного машиной предварительной очистки и сушилкой, и семяочистительного отделения (рис. 1), которое включало следующее основное технологическое оборудование фирмы Petkus: остеотделительную машину марки SE 10, воздушно-решетную зерноочистительную машину марки U15, триерный блок марки ZA 931, пневмосортировальный стол марки К-400, а также машину для протравливания семян марки СТ2-10.

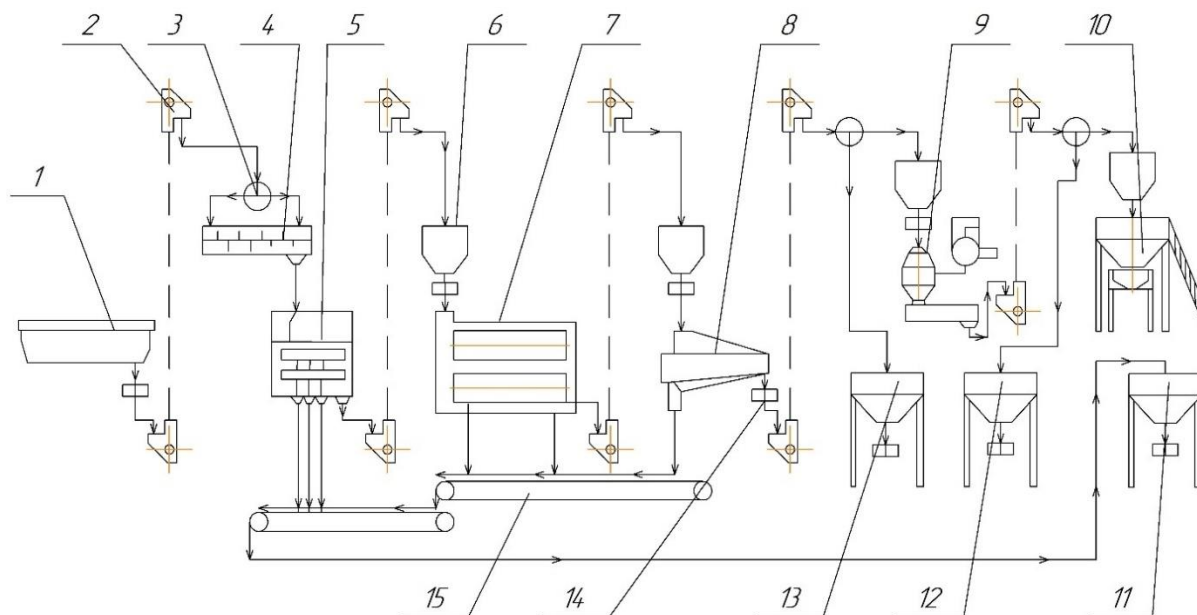


Рис. 1. Семяочистительное отделение поточной линии:

1 – приемное устройство; 2 – нория; 3 – перекидной управляемый клапан; 4 – остеотделительная машина SE 10; 5 – воздушно-решетная зерноочистительная машина U15; 6 – бункер накопитель; 7 – триерный блок ZA 931; 8 – пневмосортировальный стол G40; 9 – машина для протравливания семян СТ2-10; 10 – узел затаривания и отгрузки протравленных семян; 11 – бункер отгрузки фуража и отходов; 12 – бункер отгрузки протравленных семян; 13 – бункер отгрузки непотравленных семян; 14 – управляемая заслонка; 15 – скребковый транспортер

Для управления движением обрабатываемого зернового вороха в семяочистительном отделении установлены управляемые перекидные клапаны 3 и заслонки 14, с помощью которых поток зернового вороха можно направить для прохождения через рабочие органы остеотделительной машины 4 или, минуя их, в воздушно-решетную машину 5 (с целью уменьшения повреждения зерновок как потенциальных семян зерновой ворох подавался в воздушно-решетную машину, минуя рабочие органы шасталки). После окончательной очистки и сортировки семенной ворох может отгружаться через бункер 13 отгрузки непотравленных семян. При протравливании очищенных семян поток управляемым клапаном направляется в протравливатель 9, из которого либо отгружается через бункер 12 без расфасовки, либо устройством взвешивания и затаривания 10 расфасовывается в мешкотару различной вместимости. Перемещение вороха в вертикальном направлении осуществляется нориями серии BE-100 производительностью до 12,5 т/ч при скорости транспортирования до 1,8 м/с.

Отбор образцов исходного комбайнового вороха проводили при уборке и подаче в бункер зерноуборочного комбайна [7, 14].

Результаты и их обсуждение

Для обоснования выбора режима работы воздушно-решетной машины Petkus U15 рассматривалось распределение компонентов комбайнового зернового вороха по таким показателям, как толщина зерновок и аэродинамические свойства. Комбайновый зерновой ворох содержит в своем составе кроме полноценных зерновок мелкие, щуплые, биологически неполноценные и дробленые зерновки, зерновую примесь (семена сорняков и других культур), а также незерновые примеси. Распределение компонентов исходного вороха озимой пшеницы по толщине и составу приведено в таблице 1.

Таблица 1. Распределение компонентов исходного вороха озимой пшеницы по толщине

Средняя толщина компонентов, t_i , мм	Целые зерновки, %	Дробленые зерновки, %	Зерновки в пленке, %	Незерновые примеси, %	Зерновая примесь, %
3,7	–	0	0,55	0,26	–
3,5	–	0	0,8	0,28	–
3,3	6,2	0	0,75	0,29	–
3,1	13,5	0,1	0,46	0,23	–
2,9	28,9	0,25	0,12	0,12	0,1
2,7	25,2	0,35	–	0,11	0,2
2,5	11,5	0,33	–	0,12	0,5
2,3	3,5	0,25	–	0,1	0,7
2,1	2,1	0,17	–	0,1	0,5
1,9	0,91	0,05	–	0,1	0,2
1,7	0,9	0	–	0,1	–
Всего	91,81	1,5	2,68	1,81	2,2

Анализ данных, приведенных в таблице 1, показывает, что доля обмолоченных неповрежденных зерновок в ворохе составляла 91,81%, поврежденных зерновок – 1,50, зерновок в пленке, или недомолоченных, – 2,68, сорной и незерновой примеси – соответственно 2,20 и 1,81%. В основную часть неповрежденных зерновок вошли фракции, в которых зерновки имели среднюю толщину от 2,5 до 3,3 мм. Зерновки в пленке, или недомолоченные, имели толщину от 2,9 до 3,7 мм, что делает невозможным их полное выделение в отдельную фракцию по этому показателю. Большая часть сорной примеси (около 80%) содержалась во фракциях, толщина зерновок в которых была менее 2,4 мм, а незерновая примесь, наоборот, в основном находилась во фракции, толщина зерновок в которой превышала 2,9 мм (свыше 58,0%). Средняя толщина компонентов неочищенного вороха составляла 2,794 мм при среднем стандартном отклонении 0,356 мм.

Распределение компонентов зернового вороха по скорости витания приведено в таблице 2.

Таблица 2. Распределение компонентов исходного вороха озимой пшеницы по скорости витания

Скорость витания, м/с	Целые зерновки, %	Дробленые зерновки, %	Зерновки в пленке, %	Незерновые примеси, %	Зерновая примесь, %
≤ 4	0,18	0	0	0,3	0
4,5	0,37	0,1	0	0,35	0,2
5,3	0,90	0,15	0	0,4	0,3
6,1	3,10	0,15	0	0,35	0,35
6,7	5,39	0,2	0	0,25	0,45
7,3	8,62	0,35	0,35	0,16	0,25
7,8	17,64	0,25	0,4	0	0,25
8,3	31,69	0,2	0,43	0	0,2
9,3	16,20	0,1	0,7	0	0,15
9,7	7,71	0	0,8	0	0,05
10,1	0,00	0	0	0	0
Всего	91,81	1,5	2,68	1,81	2,2

Как видно из приведенных в таблице 2 данных, в неочищенном ворохе озимой пшеницы содержатся частицы со средней скоростью витания менее 4,0 м/с, которые не были удалены из него очисткой зерноуборочного комбайна. В ворохе со скоростью витания менее 5,3 м/с, кроме незерновых легковесных примесей, присутствуют также семена сорных растений (зерновая примесь) и незначительная часть (менее 1,0%) щуплых зерновок. Основная часть целых зерновок имеет скорость витания от 7,3 до 9,7 м/с. Такая же скорость витания присуща большей части (60%) дробленых поврежденных зерновок и практически всем зерновкам в пленке. При скорости воздушного потока более 7,5 м/с из вороха озимой пшеницы можно выделить почти все незерновые примеси. Средняя скорость витания неочищенного вороха составляет 8,176 м/с при среднем стандартном отклонении 0,981 м/с.

Графические зависимости распределения примесных компонентов вороха по толщине приведены на рисунке 2.

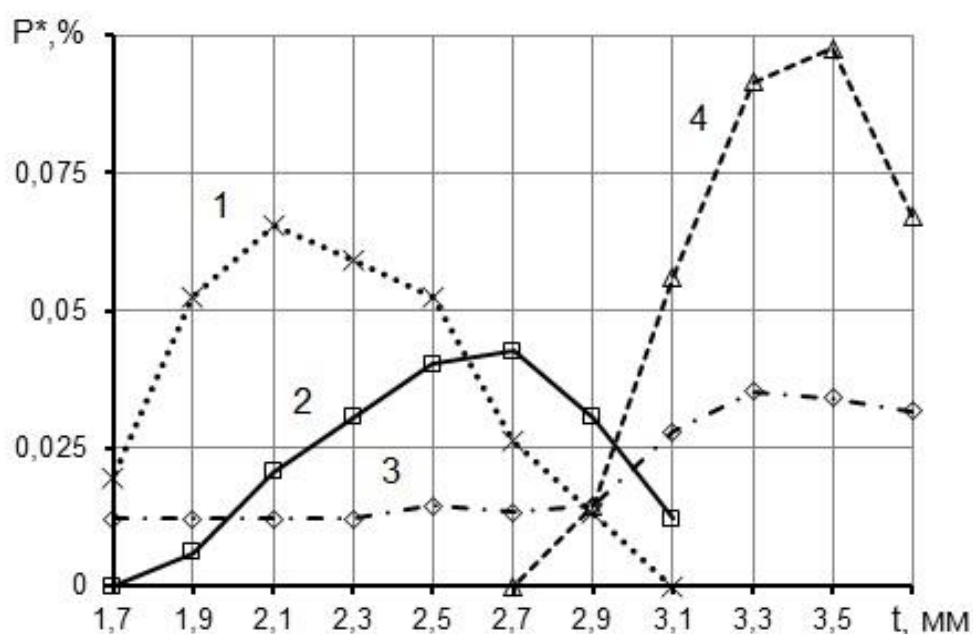


Рис. 2. Распределение примесных компонентов исходного вороха озимой пшеницы по толщине:
1 – незерновая примесь; 2 – зерновая примесь (семена сорняков);
3 – дробленые зерновки; 4 – зерновки в пленке

Как видно из графических зависимостей, при выборе ширины отверстий сортировальных решет 2,4 мм в мелкую фуражную фракцию можно выделить до 30,0% дробленых зерновок, до 64,8% зерновой примеси и до 20,0% незерновой примеси. Колосовые решета с шириной отверстий более 3,4 мм могут только выделить в крупные примеси 29,5% семян сорняков или зерновой примеси, а также до 45,0% недомолоченных зерновок в пленке. При таком выборе размеров сортировальных решет в фуражную фракцию будет направлено до 10,1% мелких целых зерновок основной фракции. Выделение оставшихся примесных компонентов возможно с использованием разделения по скорости витания.

Графические зависимости распределения примесных компонентов зернового вороха по скорости витания в вертикальном воздушном потоке канала окончательной очистки воздушно-решетной зерноочистительной машины приведены на рисунке 3.

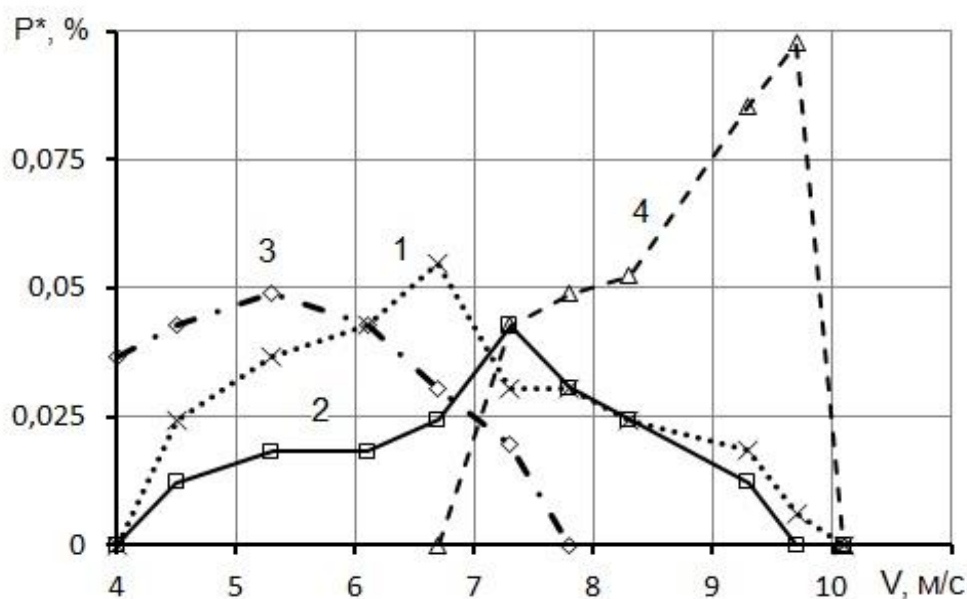


Рис. 3. Распределение примесных компонентов исходного вороха озимой пшеницы по скорости витания: 1 – незерновая примесь; 2 – зерновая примесь (семена сорняков); 3 – дробленые зерновки; 4 – зерновки в пленке

Как видно из приведенных на рисунке 3 графических зависимостей, при скорости воздушного потока в канале окончательной очистки 7,1 м/с без учета корреляционной связи толщины со скоростью витания, а также полноты выделения по этому признаку можно предполагать выделение до 48,0% дробленых зерновок, до 89,5% незерновой примеси, до 51,2% зерновой примеси и только до 7,2% зерновок в пленке. При такой скорости воздушного потока в фуражную фракцию будет выделено до 8,5% шуплых неполноценных зерновок.

Таким образом, совместный анализ приведенных на рисунках 2 и 3 графических зависимостей и данных таблиц 1 и 2 показывает, что полное выделение примесных компонентов зернового вороха с использованием только принципов, на которых основана работа воздушно-решетных машин, с учетом минимальных потерь всхожих зерновок, на практике недостижимо. В связи с этим в поточной линии, кроме воздушно-решетной универсальной зерноочистительной машины марки Petkus U15 с паспортной производительностью в семенном режиме работы 10 т/ч, были задействованы триерный блок Petkus ZA 931 и пневмосортировальный стол марки Petkus K-400, имеющий максимальную производительность до 10 т/ч [2, 4]. Производительность линии устанавливалась не более 7,0 т/ч. Для оценки качества работы поточной семенной линии проводили отбор проб вороха после прохождения рабочих органов воздушно-решетной машины, триерного блока и пневмосортировального стола.

Обоснование режима работы машин поточной линии

При обосновании параметров воздушно-решетной универсальной зерноочистительной машины марки Petkus U15 руководствовались теоретической вероятностью уменьшения содержания целых зерновок в семенной фракции при замене решетных полотен сортировальных решет с 2,2 мм на 2,4 мм и повышении скорости воздушного потока в канале послерешетной очистки с 7,2 до 7,5 м/с.

Уменьшение содержания целых зерновок в семенной фракции за счет замены решетных полотен определится при использовании функции Лапласа из выражения [3, 5]

$$\Delta P_{m_t} = \Phi\left(\frac{t_2 - m_t}{\sigma_t}\right) - \Phi\left(\frac{t_1 - m_t}{\sigma_t}\right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-\infty}^{t_2} e^{-\frac{(t_2 - m_t)^2}{2\sigma^2}} - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-\infty}^{t_1} e^{-\frac{(t_1 - m_t)^2}{2\sigma^2}}, \quad (1)$$

где t_2, t_1 – толщина компонентов зернового вороха, соответствующая ширине отверстий сортировальных решет, мм;

m_t – средняя толщина компонентов зернового вороха, мм.

С учетом содержания целых зерновок во фракции $(t_2 - t_1)$ в исходном ворохе и полноты выделения зерновок толщиной меньше ширины отверстий сортировальных решет выражение для определения теоретической вероятности уменьшения целых зерновок в семенной фракции по одному признаку – толщине – примет вид

$$\Delta P_t^u = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \delta_t^u \cdot \varepsilon_c \cdot \left\{ \int_{-\infty}^{t_2} e^{-\frac{(t_2 - m_t)^2}{2\sigma^2}} - \int_{-\infty}^{t_1} e^{-\frac{(t_1 - m_t)^2}{2\sigma^2}} \right\}, \quad (2)$$

где σ_t^u – содержание целых зерновок во фракции $(t_2 - t_1)$ в исходном ворохе;

ε_c – полнота выделения зерновок толщиной меньше ширины отверстий сортировальных решет.

Повышение скорости воздушного потока в канале послерешетной очистки с 7,2 до 7,5 м/с также приведет к уменьшению теоретической вероятности содержания целых зерновок в семенной фракции с учетом их содержания во фракции $(V_2 - V_1)$ и значения коэффициента корреляции между толщиной и скоростью витания зерновок R_{tv} :

$$\Delta P_v^u = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \delta_v^u \cdot \varepsilon_v \cdot (1 - R_{tv}) \cdot \left\{ \int_{-\infty}^{v_2} e^{-\frac{(v_2 - m_v)^2}{2\sigma^2}} - \int_{-\infty}^{v_1} e^{-\frac{(v_1 - m_v)^2}{2\sigma^2}} \right\}, \quad (3)$$

где σ_v^u – содержание целых зерновок во фракции $(V_2 - V_1)$ исходного вороха;

ε_v – полнота выделения зерновок со скоростью витания меньше скорости в канале послерешетной очистки;

R_{tv} – коэффициент корреляции между толщиной и скоростью витания зерновок.

Коэффициент корреляции между толщиной и скоростью витания зерновок для этих классов определится из выражения

$$R_{tv} = \frac{K_{tv}}{\sigma_t \cdot \sigma_v}, \quad (4)$$

где K_{tv} – корреляционный момент между этими классами по толщине $(t_2 - t_1)$ и скорости витания $(V_2 - V_1)$.

Корреляционный момент можно определить из известного выражения

$$K_{tv} = \sum_{ij} t_i \cdot v_j \cdot p_{ij} - m_t \cdot m_v. \quad (5)$$

Общая теоретическая вероятность уменьшения содержания целых зерновок в семенной фракции при замене решетных полотен сортировальных решет шириной отверстий с 2,2 мм на 2,4 мм и повышении скорости воздушного потока в канале послерешетной очистки с 7,2 до 7,5 м/с определится из выражения

$$\Delta P_m = \Delta P_t^u + \Delta P_v^u. \quad (6)$$

Зная статистические характеристики распределения компонентов исходного вороха по толщине и скорости витания, а также приняв одинаковыми численные значения полноты выделения мелких фуражных зерновок сортировальным решетом и воздушным потоком в канале окончательной очистки, равными 0,85, определили значения коэффициента корреляции, который составил 0,582. Общая теоретическая вероятность уменьшения содержания целых зерновок в семенной фракции достигает 0,0495, или 4,95%.

Для исследования рассматривались два варианта настройки пневмосистемы и комплектования решетных станов воздушно-решетной универсальной зерноочистительной машины Petkus U15 (табл. 3, «А» и «Б»).

По этим двум вариантам в качестве колосового решета Б2 устанавливались полотна с продолговатыми отверстиями шириной 3,6 мм, подсежных В – шириной 1,7 мм.

По варианту «А» ворох проходил последовательно сортировальные решета Г с полотнами в верхнем ярусе шириной 2,4 мм и нижнем ярусе – 2,2 мм. Скорость воздушного потока в канале дорешетной очистки составляла 5,7 м/с, в вертикальном канале послерешетной очистки – 7,2 м/с.

По варианту настройки «Б» зерновой ворох проходил параллельно по двум ярусам сортировальных решет, оборудованных полотнами с продолговатыми отверстиями шириной 2,4 мм. С увеличением размеров отверстий сортировальных решет была увеличена скорость воздушного потока в наклонном канале дорешетной очистки до 6,1 м/с и канале послерешетной очистки до 7,5 м/с.

Таблица 3. Полнота выделения примесных компонентов рабочими органами воздушно-решетной машины

Вариант	Наименование рабочего органа	Режим работы	Выделяемая фракция, %				
			Мелкое и щуплое зерно	Дробленые зерновки	Зерновки в пленке	Сорная примесь	Незерновые примеси
А	Дорешетная аспирация	$V = 5,7$ м/с	61,4	24,0	0,5	59,8	23,8
	Решетная очистка (последовательно)	Б2 = 3,6 мм; В = 1,7 мм; Г = 2,4/2,2 мм					
	Послерешетная пневмосистема	$V = 7,2$ м/с	78,6	56,6	10,5	75,3	68,2
Б	Дорешетная аспирация	$V = 6,1$ м/с	61,4	43,3	1,5	72,8	38,9
	Решетная очистка (параллельно)	Б2 = 3,6 мм; В = 1,7 мм; Г = 2,4/2,4 мм					
	Послерешетная пневмосистема	$V = 7,5$ м/с	84,6	72,3	20,5	80,1	99,3

Анализ приведенных в таблице 3 данных по полноте выделения примесных компонентов позволяет однозначно отдать предпочтение варианту настройки «Б», в котором только полнота выделения дробленых зерновок и зерновок в пленке остается меньше 80%, требуемых для семян. Однако даже при дальнейшем увеличении размеров сортировальных решет и скорости воздушного потока в канале послерешетной очистки достигнуть полного выделения этих примесных компонентов вороха по рассматриваемым признакам невозможно, что неизбежно приведет к уменьшению содержания семенной фракции.

Для более полного выделения дробленых зерновок рассматривалась возможность их выделения кукольным цилиндром триерного блока при соответствующем выборе рабочей сменной поверхности. Для подбора диаметра ячеек кукольного цилиндра с помощью цифрового штангенциркуля 150 мм Gigant DCPR-150 определя-

лась длина целых неповрежденных зерновок пшеницы, имеющих толщину от 2,2 до 2,6 мм. Минимальная длина неповрежденных зерновок таких классов толщины составила 5,335 мм, что позволило рекомендовать использовать кукольный цилиндр с диаметром ячеек не более 5,3 мм.

Выделение зерновок в пленке частично можно реализовать, применив триерный блок Petkus ZA 931, оборудованный овсюжным цилиндром с ячейками диаметром более 9,5 мм.

Качественные показатели подготовки семян

Завершение сортировки и окончательная очистка семенного вороха озимой пшеницы проводилось пневмостолом Petkus K-400 при следующих параметрах:

- угол поперечного наклона – 1,7–1,71°;
- угол продольного наклона – 1,4°;
- подача воздушного потока по зонам – от 62–63% (зона 1) с последовательным увеличением в зоне 2 до 65–66% и в зоне 3 – до 67–68%.

В таблице 4 приведены значения полноты выделения примесных компонентов машинами поточной линии при подготовке семян озимой пшеницы сорта Гомер первой репродукции.

Таблица 4. Полнота выделения примесных компонентов и фуражных фракций

Марка машины линии	Выделяемая фракция, %				
	Мелкое и щуплое зерно	Дробленые зерновки	Зерновки в пленке (недомолоченные)	Сорная примесь (семена сорняков)	Незерновая примесь
Petkus U15	78,6	56,6	10,5	75,3	68,2
Petkus ZA 931	79,2	75,8	65,4	78,9	81,5
Petkus K-400	85,6	87,5	85,6	85,3	98,6

Таким образом, при очистке озимой пшеницы на семенные цели в поточной линии с использованием универсальной воздушно-решетной зерноочистительной машины Petkus марки U15 с колосовым решетом Б2 шириной 3,6 мм, подсевного В шириной 1,7 мм, сортировальных решет Г шириной 2,4 мм в верхнем ярусе и 2,2 мм в нижнем ярусе, скорости воздушного потока в канале дорешетной очистки 5,7 м/с и канале послерешетной очистки 7,2 м/с, триерного блока Petkus ZA 931, оборудованного кукольным цилиндром с ячейками диаметром 5,3 мм и овсюжным цилиндром с диаметром ячеек 9,8 мм, пневмостолом Petkus K-400 при угле поперечного наклона деки 1,70–1,71°, продольного – 1,4° и подачей воздушного потока по зонам от 62–68%, семенной ворох озимой пшеницы сорта Гомер имеет следующие характеристики:

- средняя толщина – 2,779 мм при среднем стандартном отклонении 0,221 мм;
- средняя скорость витания – 8,91 м/с при среднем стандартном отклонении 0,862 м/с;
- масса 1000 зерновок – 51,8 г при средней массе зерновок исходного вороха 44,84 г.
- выход семян – 82,5% от исходного комбайнового вороха.

Полнота выделения примесей составила более 85,0%, что соответствует требованиям ГОСТ.

Список источников

1. Бурков А.И. Тенденции развития воздушно-решетных зерноочистительных машин на современном этапе // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. Т. 63, № 2. С. 4–15. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.63.2.04-15.
2. Бутовченко А.В. Структурный синтез технологических отделений зерноочистительных агрегатов для послеуборочной очистки семян зерновых культур: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01. Ростов н/Д, 2021. 479 с.
3. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения: учебное пособие. 5-е изд., стер. Москва: КноРус, 2016. 480 с.
4. Галкин В.Д., Галкин А.Д. Технологии, машины и агрегаты послеуборочной обработки зерна и подготовки семян: монография. Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2021. 234 с.
5. Гиевский А.М., Гулевский В.А., Оробинский В.И. Пути повышения производительности универсальных зерноочистительных машин // Вестник ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2018. № 3(85). С. 12–16. DOI: 10.26897/1728-7936-2018-3-12-16.
6. Дринча В.М., Филатов А.С. Обоснование параметров пневмосепаратора с горизонтальным воздушным каналом // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14, № 1(68). С. 18–26. DOI: 10.17238/issn2071-2243_2021_1_18.
7. Ермолов Ю.И., Бутовченко А.В., Московский М.Н. и др. Проектирование технологических процессов воздушно-решетных и решетных зерноочистительных машин: монография. Ростов н/Д: Донской государственный технический университет, 2010. 638 с.
8. Кильдюшкин В.М., Солдатенко А.Г., Животовская Е.Г. Влияние различных технологий возделывания на продуктивность озимой пшеницы и плодородие чернозема выщелоченного // Масличные культуры. 2019. Вып. 3(179). С. 64–67. DOI: 10.25230/2412–608X-2019-3-179-64-67.
9. Кольцов А.Ф. Имитационное моделирование процесса очистки в зерноочистительной машине горизонтального типа ВСГ-1 // Вестник аграрной науки Дона. 2023. Т. 16, № 2(62). С. 27–36. DOI: 10.55618/20756704_2023_16_2_27–36.
10. Малкандуев Х.А., Шамурзаев Р.И., Малкандуева А.Х. Формирование урожая и качества зерна сортов озимой пшеницы в зависимости от предшественников и условий возделывания // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2022. № 3(107). С. 40–50. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-3-107-40-50.
11. Оробинский В.И., Гиевский А.М., Тарасенко А.П. и др. Исследование эффективности очистки вороха яровой пшеницы на семенные цели воздушно-решетным сепаратором // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т. 12, № 2(61). С. 34–42. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2019.2.34.
12. Оробинский В.И., Гиевский А.М., Чернышов А.В. и др. Исследование качественных показателей семян озимой пшеницы при комбайновой уборке и послеуборочной обработке // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2020. № 21(184). С. 84–97.
13. Скворцова Ю.Г., Филенко Г.А., Фирсова Т.И. и др. Оценка урожайности и посевных качеств у сортов озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» в первичном семеноводстве // Зерновое хозяйство России. 2021. № 5(77). С. 24–28. DOI: 10.31367/2079-8725-2021- 77-5-24-28.
14. Федорова О.А. Эффективные технические решения повышения качества уборки зерновых культур: автореферат дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01. Рязань, 2018. 39 с.
15. Butovchenko A., Doroshenko A., Koltsov A. et al. Comparative analysis of the functioning of sieve modules for grain cleaning machines // Innovative Technologies in Environmental Science and Education, ITESE 2019. E3S Web of Conferences (Divnomorskoe Village, September 9-14, 2019). EDP Sciences, 2019. Vol. 135. Article No. 01081. DOI: 10.1051/e3sconf/201913501081.
16. Kravchenko L., Sibirev A., Mosyakov M. et al. Justification choice parameters material input receiving and distributing device in the horizontal type air grain cleaning machine // XVI International Scientific and Practical Conference "State and Prospects for the Development of Agribusiness, INTERAGROMASH 2023". E3S Web of Conferences (Rostov-on-Don, March 01-05, 2023). EDP Sciences, 2023. Vol. 413. Article No. 02045. DOI: 10.1051/e3sconf/202341302045.

References

1. Burkov A.I. Trends in development of air screen grain cleaners at present stage. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2018;3(2):4-15. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.63.2.04-15. (In Russ.).
2. Butovchenko A.V. Structural synthesis of technological units of grain cleaning machines for post-harvest cleaning of grain seeds: Doctoral Dissertation in Engineering Sciences: 05.20.01. Rostov on Don; 2021. 479 p. (In Russ.).
3. Ventzel E.S., Ovcharov L.A. Probability theory and its engineering applications: textbook. 5th edition, stereotype. Moscow: KnoRus Publishers; 2016. 480 p. (In Russ.).
4. Galkin V.D., Galkin A.D. Technologies, machines and aggregates of post-harvest grain processing and seed preparation: monograph. Perm: Procrost Publishers; 2021. 234 p. (In Russ.).
5. Gievsky A.M., Gulevsky V.A., Orobinsky V.I. Ways of increasing performance of universal grain cleaning machines. *Vestnik of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin"*. 2018;3(85):12-16. DOI: 10.26897/1728-7936-2018-3-12-16. (In Russ.).

6. Drincha V.M., Filatov A.S. Substantiation of the parameters of a pneumatic separator with a horizontal air channel. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2021;14(1):18-26. DOI: 10.17238/issn2071-2243_2021_1_18. (In Russ.).
7. Ermoliev Yu.I., Butovchenko A.V., Moskovsky M.N. et al. Design of technological processes and air-screen and sieve grain cleaning machines: monograph. Rostov on Don, Don State Technical University Publishers; 2010. 638 p. (In Russ.).
8. Kildyushkin V.M., Soldatenko A.G., Zhivotovskaya E.G. The impact of different technologies on the productivity of winter wheat and the fertility of leached chernozem. *Oil Crops*. 2019;3(179):64-67. DOI: 10.25230/2412-608X-2019-3-179-64-67. (In Russ.).
9. Koltsov A.F. Simulation modeling of the cleaning process in a VSG-1 horizontal grain cleaning machine. *Don Agrarian Science Bulletin*. 2023;16(2):27-36. DOI: 10.55618/20756704_2023_16_2_27-36. (In Russ.).
10. Malkanduev Kh.A., Shamurzaev R.I., Malkandueva A.H. Formation of yield and grain quality of winter wheat varieties depending on predecessors and growing conditions. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2022;3(107):40-50. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-3-107-40-50. (In Russ.).
11. Orobinsky V.I., Gievsky A.M., Tarasenko A.P. et al. Determination of efficiency of spring wheat heap precleaning separation for seed purposes by air-and-screen cleaner. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2019;12(2):34-42. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2019.2.34. (In Russ.).
12. Orobinsky V. I., Gievsky A.M., Chernyshov A.V. et al. Research of qualitative indicators of winter wheat seeds during combine harvesting and postharvest processing. *Transactions of Taurida Agricultural Science*. 2020;21(184):84-97.
13. Skvortsova Yu.G., Filenko G.A., Firsova T.I. et al. Estimation of productivity and sowing qualities of the winter soft wheat varieties of the FSBSI "ARC "Donskoy" in the primary seed production. *Grain Economy of Russia*. 2021;5(77):24-28. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-24-28. (In Russ.).
14. Fedorova O.A. Effective technical solutions for improving the quality of harvesting grain crops: Author's Abstract of Doctoral Dissertation in Engineering Sciences: 05.20.01. Ryazan; 2018. 39 p. (In Russ.).
15. Butovchenko A., Doroshenko A., Koltsov A. et al. Comparative analysis of the functioning of sieve modules for grain cleaning machines. In: Innovative Technologies in Environmental Science and Education, ITESE 2019. E3S Web of Conferences (Divnomorskoe Village, September 9-14, 2019). EDP Sciences. 2019;135:01081. DOI: 10.1051/e3sconf/201913501081.
16. Kravchenko L., Sibirev A., Mosyakov M. et al. Justification choice parameters material input receiving and distributing device in the horizontal type air grain cleaning machine. In: XVI International Scientific and Practical Conference "State and Prospects for the Development of Agribusiness, "INTERAGROMASH 2023". E3S Web of Conferences (Rostov-on-Don, March 01-05, 2023). EDP Sciences. 2023;413:02045. DOI: 10.1051/e3sconf/202341302045.

Информация об авторах

В.А. Гиевский – аспирант кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», vitaliy.giyevskiy.99@mail.ru.

В.И. Оробинский – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей, декан агроинженерного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», main@agroeng.vsau.ru.

А.М. Гиевский – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», aleksej.gievskij@mail.ru.

Information about the authors

V.A. Gievsky, Postgraduate Student, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, vitaliy.giyevskiy.99@mail.ru.

V.I. Orobinsky, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Dean of the Faculty of Rural Engineering, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, main@agroeng.vsau.ru.

A.M. Gievsky, Doctor of Engineering Sciences, Docent, Professor, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, aleksej.gievskij@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 05.12.2025; одобрена после рецензирования 16.01.2026; принята к публикации 20.01.2026.

The article was submitted 05.12.2025; approved after reviewing 16.01.2026; accepted for publication 20.01.2023.

© Гиевский В.А., Оробинский В.И., Гиевский А.М., 2026

4.3.1. ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 629.3.017.3

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2026_1_96

EDN: RQJWZU

Аналитическая оценка влияния углового положения бокового рычага рулевой трапеции на кинематику поворота колесной машины

**Александр Николаевич Беляев^{1✉}, Дмитрий Николаевич Афоничев²,
Алексей Максимович Мухин³, Виктор Сергеевич Пилияев⁴**

^{1, 2, 3, 4} Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
Воронеж, Россия

¹ aifkm_belyaev@mail.ru✉

Аннотация. Представлены результаты исследования, выполненного с целью оценки влияния угла наклона бокового поворотного рычага четырехзвенной неразрезной рулевой трапеции к оси колесной машины на основные кинематические характеристики осуществляемого ею фактического поворота. Объект исследования – рулевой привод, выполненный в виде принятой к рассмотрению рулевой трапеции колесного трактора Беларус-80.1. Часть необходимых для расчетов конструктивных и эксплуатационных параметров выбраны из руководства по эксплуатации трактора, некоторые параметры были определены опытными замерами, проведенными на натурном объекте. Установлено, что угол наклона бокового рычага рулевой трапеции 18° при постоянном его угловом положении является оптимальным во всем интервале изменения углов поворота управляемых колес, так как в этом случае углы поворота наружного колеса наиболее близки подобным углам правильного поворота при одних и тех же углах поворота внутренних управляемых колес. Увеличение угла наклона бокового рычага от 5 до 25° приводит к уменьшению мгновенного минимального радиуса поворота трактора во всем диапазоне углов поворота управляемых колес. За счет применения рулевой трапеции для выполнения поворота колесной машины можно в некоторых случаях улучшить ее маневренность в сравнении с правильным поворотом, но при этом мгновенный центр поворота будет находиться внутри колесной базы, и кинематическое согласование качения колес будет происходить вследствие боковой деформации шин и скольжения, что является причиной их дополнительного износа и возникновения повышенных нагрузок на детали, узлы и агрегаты. Обоснование рациональных конструктивных параметров четырехзвенного шарнирно-рычажного механизма рулевой трапеции должно быть осуществлено методами оптимизации на основе моделирования процесса криволинейного движения колесной машины в зависимости от способа поворота и конкретных условий работы, где основным критерием необходимо принимать смещение мгновенного центра скоростей от линии продолжения задней оси.

Ключевые слова: колесная машина, трактор, управляемое колесо, угол поворота колеса, четырехзвенная неразрезная заднего расположения рулевая трапеция, боковой рычаг, угол наклона бокового рычага

Для цитирования: Беляев А.Н., Афоничев Д.Н., Мухин А.М., Пилияев В.С. Аналитическая оценка влияния углового положения бокового рычага рулевой трапеции на кинематику поворота колесной машины // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, № 1(88). С. 96–107. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_96–107.

4.3.1. TECHNOLOGIES, MACHINERY AND EQUIPMENT FOR AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX (ENGINEERING SCIENCES)

Original article

Analytical evaluation of the angular position of the steering linkage side arm impact on the kinematics of a wheeled vehicle's turning

Aleksandr N. Belyaev^{1✉}, Dmitry N. Afonichev², Aleksey M. Mukhin³, Victor S. Pilyaev⁴

^{1, 2, 3, 4} Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

¹ aifkm_belyaev@mail.ru✉

Abstract. The results of a study performed to assess the effect of the angle of inclination of the lateral rotary lever of a four-link continuous steering linkage to the axis of a wheeled vehicle on the main kinematic characteristics of the actual rotation performed by it are presented. The object of the study was a steering gear made in the form of a steering linkage of a Belarus-80.1 wheeled tractor accepted for consideration. Some of the design and operational parameters necessary for calculations were selected from the tractor's operating manual, and some parameters were determined by experimental measurements carried out during full-scale test. It has been found that the angle of inclination of the side arm of the steering linkage of 18° with its constant angular position is optimal in the entire range of rotation angles of the steered wheels, since the angles of rotation of the outer wheel are the closest to similar angles of correct rotation at the same angles of rotation of the inner steered wheels. An increase in the angle of inclination of the side arm from 5 to 25° leads to a decrease in the instantaneous minimum turning radius of the Belarus-80.1 tractor over the entire range of steering wheel angles. Using a steering linkage to rotate a wheeled vehicle can in some cases improve its maneuverability in comparison with a correct turn, but the instantaneous center of rotation will be located inside the wheelbase, and kinematic alignment of the rolling wheels will occur due to lateral

deformation of the tires and sliding, which causes additional wear and increased loads on the parts, units and assemblies. The rationale for the rational design parameters of the four-link articulated lever mechanism of the steering linkage should be carried out by optimization methods based on modeling the process of curved movement of a wheeled vehicle, depending on the method of rotation and specific operating conditions, where the main criterion should be the displacement of the instantaneous center of velocity from the continuation line of the rear axle.

Keywords: wheeled vehicle, tractor, steerable wheel, wheel rotation angle, four-link continuous rear-mounted steering linkage, side arm, inclination

For citation: Belyaev A.N., Afonichev D.N., Mukhin A.M., Pilyaev V.S. Analytical evaluation of the angular position of the steering linkage side arm impact on the kinematics of a wheeled vehicle's turning. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(1):96-107. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_96-107.

Введение

Криволинейное движение является одним из основных элементов перемещения любого транспортного средства. Для выбора требуемого направления криволинейного движения колесного транспортного средства используется рулевая система, основным компонентом которой является рулевой привод, непосредственно осуществляющий поворот управляемых колес [6, 7, 9, 12, 18]. Под рулевым приводом следует понимать то механическое устройство, которое является передаточным звеном от силового элемента рулевой системы машины к управляемым колесам. При всем многообразии конструкций рулевых систем (механические, гидравлические, электромеханические) существует достаточно ограниченное количество конструктивных схем рулевого привода, представляющего собой совокупность тяг и рычагов, схемы функционирования которых, даже при значительных отличиях конструкции, практически идентичны [10, 14].

В основе рулевого привода современных, наиболее распространенных типов колесных тракторов, автомобилей и других самоходных транспортных средств с передними управляемыми колесами лежит шарнирно-рычажный механизм рулевой трапеции [4, 12]. Среди конструктивных схем рулевой трапеции достаточно широкое применение получил традиционный четырехзвенный шарнирно-рычажный механизм заднего расположения, кинематическая схема которого представлена на рисунке 1 [2, 4, 12]. Данный механизм включает в себя боковые поворотные рычаги 1, балку управляемого моста 2, неразрезную поперечную тягу 3 и предназначен для обеспечения согласованного поворота внутреннего и наружного колес управляемой оси транспортного средства на соответствующие углы α_B и α_H .

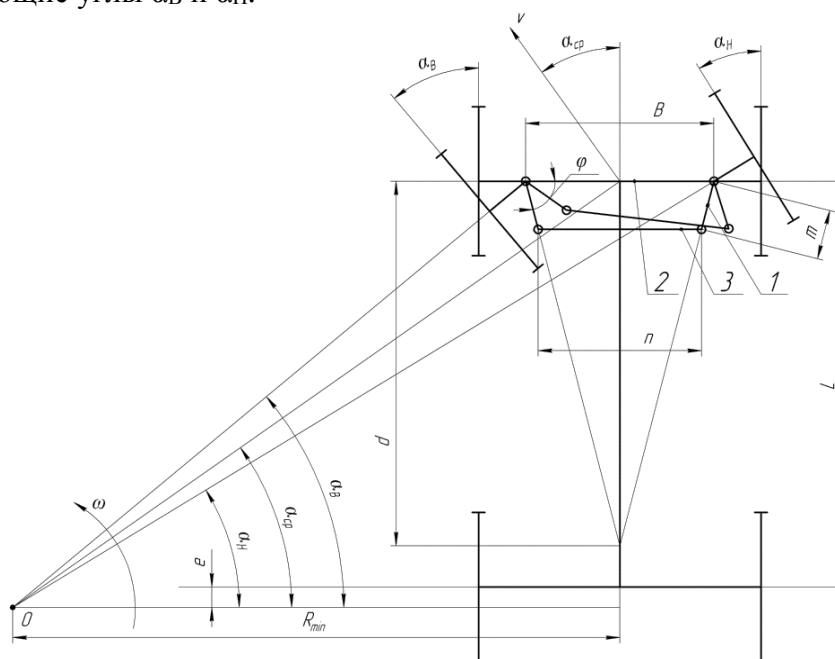


Рис. 1. Кинематическая схема фактического поворота колесной машины:
1 – боковой поворотный рычаг; 2 – передний управляемый мост;
3 – рулевая поперечная тяга

Как известно, основным условием кинематически правильного (идеального) поворота является нахождение точки центра поворота всех колес (точки пересечения их радиусов поворота) O на линии продолжения задней оси транспортного средства [2, 12, 18]. В этом случае все колеса движутся (катятся) по эквидистантным кривым различного радиуса, при этом наружное поворотное колесо описывает траекторию с радиусом R_H большим, чем радиус траектории внутреннего колеса R_B (рис. 2).

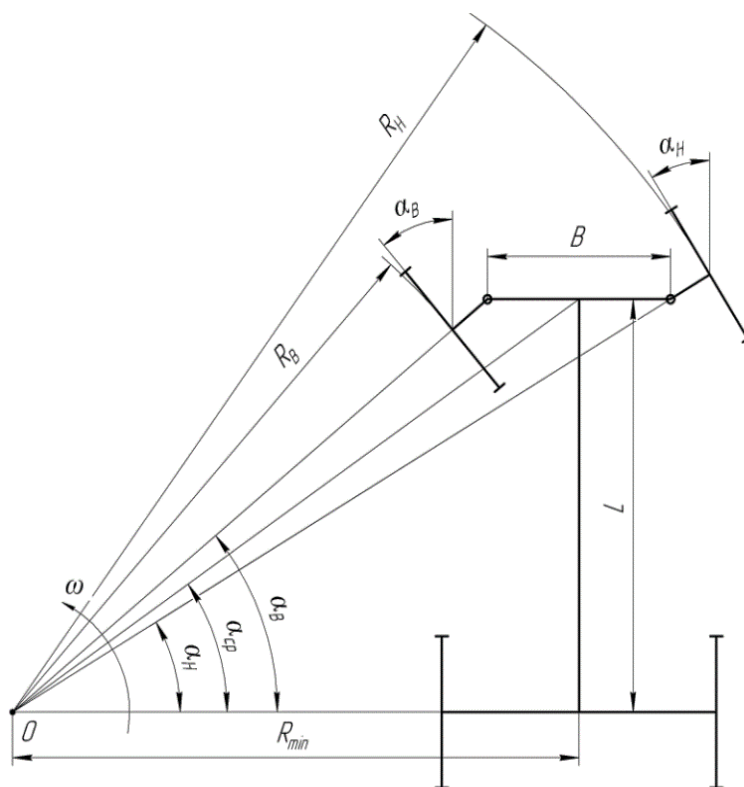


Рис. 2. Кинематическая схема правильного поворота колесной машины

Удовлетворение условия кинематически идеального поворота при чистом качении всех колес возможно только в случае, если угол поворота внутреннего управляемого колеса α_B несколько больше угла поворота наружного управляемого колеса α_H , а соотношение между ними описывается следующим выражением, называемым условием Аккермана [2, 12, 18], определяемым отношением шкворневой колеи (расстоянием между осями шкворней) B к продольной (колесной) базе машины L :

$$\operatorname{ctg} \alpha_H - \operatorname{ctg} \alpha_B = \frac{B}{L}. \quad (1)$$

Несоблюдение условия необходимого соотношения между углами поворота управляемых колес (1) во всем диапазоне их изменения вызывает нарушение кинематически чистого их качения при криволинейном движении машины, а следовательно, приводит к дополнительному увеличению динамических нагрузок на нее в поперечном направлении, что, в свою очередь, приводит к скольжению и уводу поворотных колес, отклонению от заданной траектории, повышенному износу шин, травмированию почвы и др. [5].

Таким образом, основной функцией любого рулевого привода является обеспечение поворота управляемых колес относительно продольной оси машины при условии соблюдения выполнения взаимосвязанного и вполне определенного, согласно выражению (1), соотношения углов поворота внутреннего и наружного управляемых колес.

К сожалению, классическая рулевая трапеция (рис. 1) позволяет обеспечить выполнение условия чистого качения колес при повороте лишь относительно близко к требуемому выражением (1). Это возможно при рациональном выборе таких геометрических параметров, как m – длины боковых рычагов (позиция 2, рис. 1), n – длины рулевой тяги (позиция 3, рис. 1) и φ – углов наклона рычагов 2 к продольной оси машины, и только в относительно узком интервале поворота колес [3, 5, 12]. Следовательно, для повышения устойчивости и соответственно качества движения транспортного средства по криволинейной траектории с сохранением требования условий идеального поворота в достаточно большом диапазоне углов поворота управляемых колес возникает необходимость в дальнейшем исследовании и анализе геометрии шарнирно-рычажного механизма рулевой трапеции.

С учетом вышеизложенного цель представленного исследования заключалась в аналитической оценке влияния угла наклона бокового поворотного рычага φ четырехзвенной неразрезной рулевой трапеции к оси колесной машины (рис. 1) на основные кинематические характеристики осуществляемого ею фактического (реального, действительного) поворота.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- определение кинематических характеристик фактического поворота, осуществляемого четырехзвенным шарнирно-рычажным механизмом неразрезной заднего расположения рулевой трапеции, при различных углах наклона ее бокового поворотного рычага к оси колесной машины;
- определение кинематических характеристик правильного поворота колесной машины;
- сравнение кинематики правильного поворота колесной машины с ее кинематикой при фактическом повороте, реализуемом рулевой трапецией, при дискретном изменении углового положения бокового поворотного рычага при остальных неизменных конструктивных и эксплуатационных параметрах;
- сравнение кинематики фактического поворота колесной машины с базовым и опытными вариантами рулевой трапеции.

Методика исследования

Так как на колесном тракторе Беларус-80.1 рулевой привод выполнен в виде принятой к рассмотрению четырехзвенной неразрезной заднего расположения рулевой трапеции, то именно он выбран в качестве объекта исследования [13].

Часть необходимых для расчетов конструктивных и эксплуатационных параметров выбраны из руководства по эксплуатации трактора (рис. 1, 2) [13]: $L = 2,37$ м; $B = 1,02$ м; $\alpha_{Bmax} = 40^\circ$.

Некоторые параметры были определены опытными замерами, проведенными на натурном объекте: $m = 0,2066$ м; $\theta = 90^\circ - \varphi = 16,17^\circ$; $m/n = 0,228$.

Время выполнения неустановившегося поворота, при котором управляемые колеса поворачиваются до максимального угла из нейтрального положения, соответствовало рекомендациям [11]: $t = 4$ с, а расстояние от оси переднего моста до точки пересечения линий продолжения рабочих длин боковых рычагов на продольной оси трактора – предварительным расчетам: $d = kL = 0,74$ м.

Теоретический минимальный радиус идеального поворота R_{min} [8, 15] (рис. 2) определялся по формуле

$$R_{min} = \frac{L}{\operatorname{tg} \alpha_{cp}}, \quad (2)$$

где α_{cp} – средний угол поворота управляемых колес, рад.

Средний угол поворота управляемых колес α_{CP} рассчитывался по следующей зависимости [7, 9]:

$$\text{ctg } \alpha_{\text{CP}} = \frac{\text{ctg } \alpha_{\text{B}} + \text{ctg } \alpha_{\text{H}}}{2}. \quad (3)$$

При этом угол поворота наружного управляемого колеса α_{H} [8, 15]

$$\alpha_{\text{H}} = \text{arctg} \left(\text{ctg } \frac{B}{L} + \text{ctg } \alpha_{\text{B}} \right). \quad (4)$$

Для нахождения теоретического минимального радиуса действительного поворота R_{min} использовалось выражение, ранее полученное авторами [5]:

$$R_{\text{min}} = B \left(\frac{\text{tg } \alpha_{\text{H}}}{\text{tg } \alpha_{\text{B}} - \text{tg } \alpha_{\text{H}}} + \frac{1}{2} \right). \quad (5)$$

В этом варианте угол поворота наружного управляемого колеса α_{H} (рис. 1) определяется по формуле [1, 6]

$$\alpha_{\text{H}} = \varphi + \text{arctg} \left(\frac{m \cos(\varphi + \alpha_{\text{B}})}{B - m \sin(\varphi + \alpha_{\text{B}})} \right) - \arcsin \left(\frac{m + 2B \sin \varphi - 2m \sin^2 \varphi - B \sin(\varphi + \alpha_{\text{B}})}{\sqrt{B^2 + m^2 - 2Bm \sin(\varphi + \alpha_{\text{B}})}} \right). \quad (6)$$

Для оценки смещения e мгновенного центра скоростей O от задней оси трактора применялась зависимость [3]

$$e = B \frac{\text{tg } \alpha_{\text{B}} \text{tg } \alpha_{\text{H}}}{\text{tg } \alpha_{\text{B}} - \text{tg } \alpha_{\text{H}}} - L. \quad (7)$$

Принято, что средняя угловая скорость поворота управляемых колес ω_{CP} изменяется во времени t по зависимости [11]

$$\omega_{\text{CP}} = \frac{\alpha_{\text{CP}}}{t}. \quad (8)$$

Результаты и их обсуждение

Величины углов наклона боковых рычагов θ к продольной оси трактора при расчетах были приняты в пределах $\theta = 5...25^\circ$ с интервалом изменения 5° . Также исследованию подвергался базовый вариант рулевой трапеции с углом $\theta = 16,17^\circ$ [13].

При принятых значениях углов θ из тригонометрических соображений (рис. 1) проведены расчеты расстояния d от управляемой оси до точки пересечения линий продолжения боковых рычагов (табл. 1) и коэффициента k , характеризующего оптимальность геометрии рулевой трапеции [7, 9]:

$$d = \frac{B}{2 \text{tg } \theta}; k = \frac{d}{L}. \quad (9)$$

Таблица 1. Характеристики положения точки пересечения рабочих длин боковых рычагов

θ , град.	5	10	15	16,17	20	25
d , м	5,83	2,89	1,903	1,76	1,49	1,093
k	2,46	1,22	0,804	0,74	0,59	0,46

Как видно из таблицы 1, если учитывать рекомендации, обоснованные другими исследователями в работах [7, 9], в которых $k = 0,7-0,8$, то только две позиции углового положения бокового рычага трактора Беларус-80.1 удовлетворяют оптимальной геометрии рычажного мезанизма, одна из которых относится к базовому варианту рулевой трапеции.

Очевидно, что, согласно условию чистого качения Аккермана (1), взаимосвязь между углом α_B и углами α_H (4), α_{CP} (3) при идеальном повороте остается постоянной на всех участках области их изменения (рис. 3 и 4).

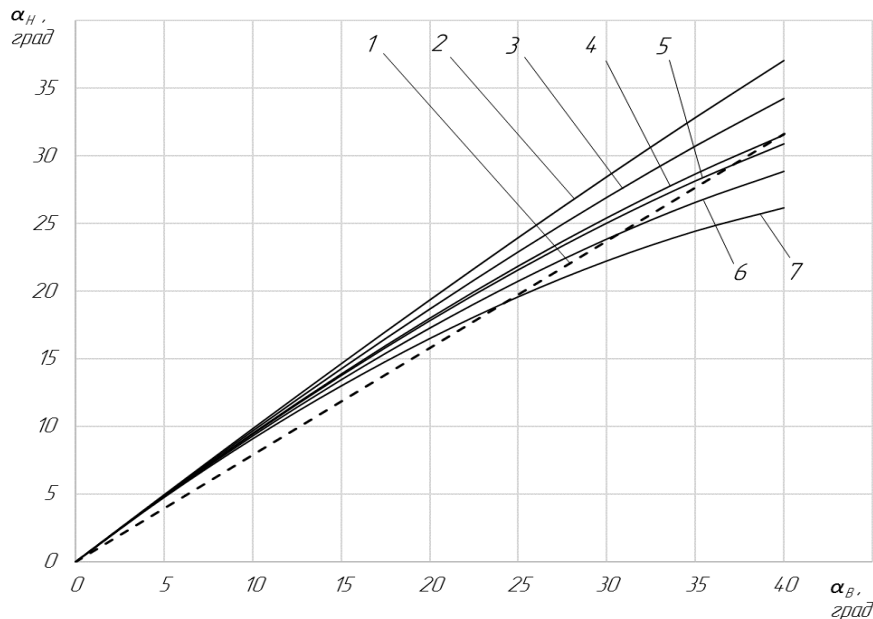


Рис. 3. Графики зависимостей углов поворота наружного колеса от угла поворота внутреннего колеса трактора Беларус-80.1:
1 – правильный поворот; 2 – $\theta = 5^\circ$; 3 – $\theta = 10^\circ$; 4 – $\theta = 15^\circ$; 5 – $\theta = 16,17^\circ$; 6 – $\theta = 20^\circ$; 7 – $\theta = 25^\circ$

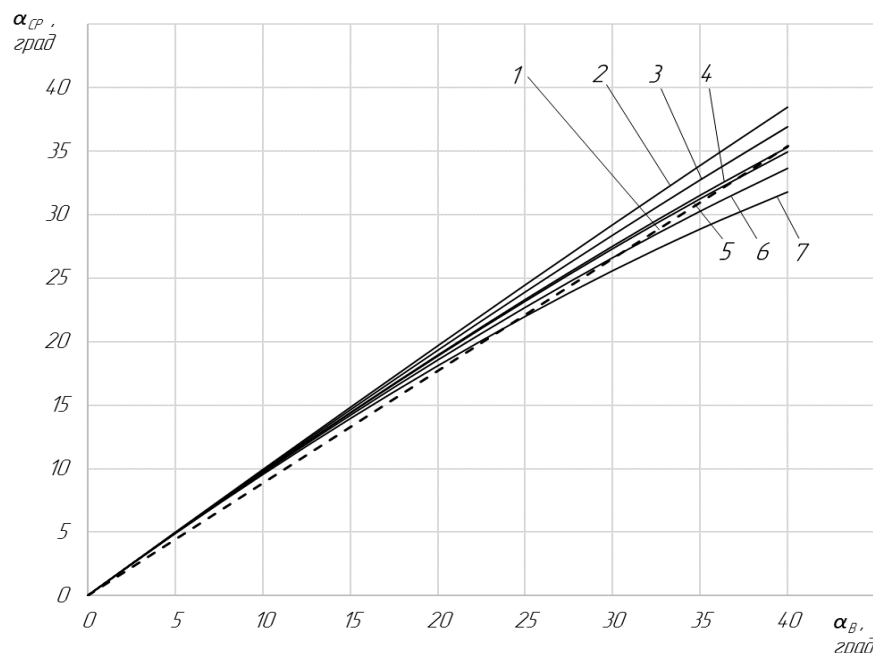


Рис. 4. Графики зависимостей средних углов поворота колес от угла поворота внутреннего колеса трактора Беларус-80.1:
1 – правильный поворот; 2 – $\theta = 5^\circ$; 3 – $\theta = 10^\circ$; 4 – $\theta = 15^\circ$; 5 – $\theta = 16,17^\circ$; 6 – $\theta = 20^\circ$; 7 – $\theta = 25^\circ$

В случае фактического поворота соотношение (6) между указанными углами нарушается, о чем свидетельствует очевидная нетождественность формул (4) и (6) и результаты расчетов, представленные в виде графиков на рисунках 3 и 4, анализ которых показывает, что при изменении угла наклона бокового поворотного рычага θ к оси трактора нарушается исходная взаимосвязь между углом α_B и углами α_H (4), α_{CP} (3) действительного поворота, что изменяет его геометрические и кинематические характеристики.

На рисунке 5 и в таблице 2 приведены результаты расчетов разности $\Delta\alpha$ между углом поворота наружного управляемого колеса для правильного поворота $\alpha_{нп}$ и тем же углом $\alpha_{нф}$ при фактическом повороте при различных угловых положениях бокового рычага в зависимости от угла поворота внутреннего управляемого колеса $\alpha_в$, которые подтверждают их рассогласование при изменении угла θ .

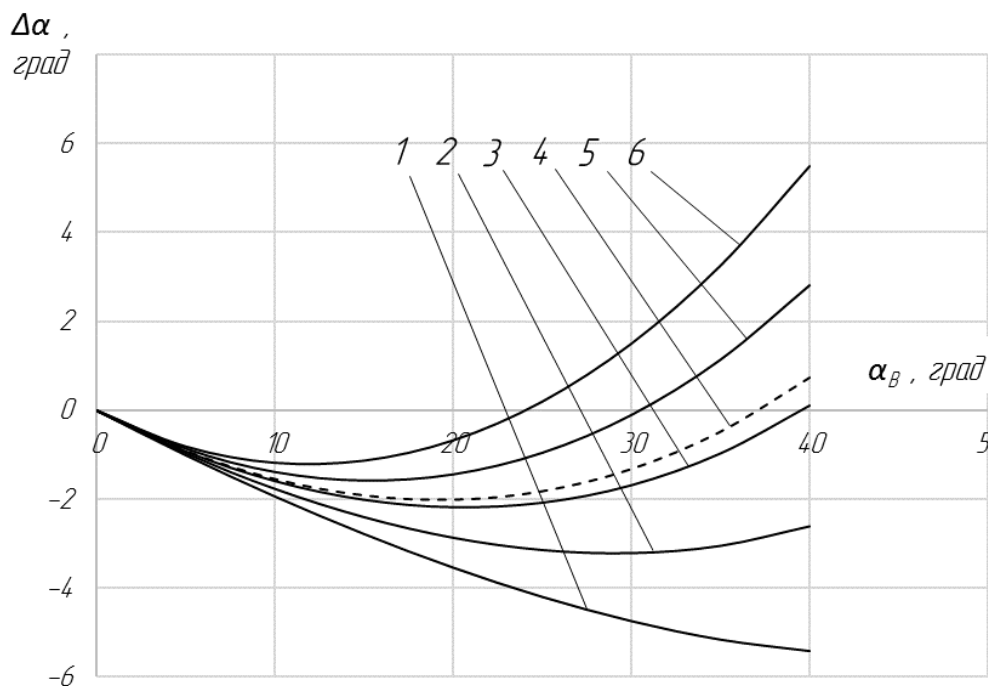


Рис. 5. Графики зависимостей разности между углами поворота наружного управляемого колеса, полученных из условия чистого качения и реализуемого рулевой трапецией, от угла поворота внутреннего управляемого колеса трактора Беларус-80.1:
1 – $\theta = 5^\circ$; 2 – $\theta = 10^\circ$; 3 – $\theta = 15^\circ$; 4 – $\theta = 16,17^\circ$; 5 – $\theta = 20^\circ$; 6 – $\theta = 25^\circ$

Таблица 2. Оценка эффективности рулевой трапеции

θ , град.	5	10	15	16,17	20	25
$\alpha_в$, град.	$ \Delta\alpha $, град.					
0	0	0	0	0	0	0
5	1,004	0,961	0,915	0,904	0,864	0,808
10	1,929	1,762	1,583	1,539	1,389	1,176
15	2,772	2,398	2,003	1,907	1,582	1,128
20	3,527	2,863	2,171	2,005	1,444	0,672
25	4,184	3,14	2,07	1,815	0,96	0,201
30	4,729	3,21	1,677	1,315	0,111	1,505
35	5,144	3,045	0,963	0,475	1,131	3,261
40	5,401	2,606	0,112	0,742	2,801	5,498
$\Sigma(\Delta\alpha)^2$	120,354	54,2023	20,10551	16,642	17,322	46,927

Во всем диапазоне изменения угла наклона бокового рычага θ наблюдается схожая закономерность изменения рассогласования $\Delta\alpha$ между углами $\alpha_{нп}$ и $\alpha_{нф}$: сначала это рассогласование увеличивается с уменьшающейся интенсивностью, затем, достигнув некоторого пикового значения, уменьшается с нарастающей интенсивностью; причем чем больше угол θ , тем при меньшем значении угла $\alpha_в$ наступает пиковое значение рассогласования $\Delta\alpha$ и тем меньше модуль этого пикового значения. Так, при $\theta = 5^\circ$ величина $\Delta\alpha$ не успевает достигнуть пикового значения в пределах $\alpha_в \leq 40^\circ$ и постоянно увеличивается до значения $|\Delta\alpha| = 5,401^\circ$ при $\alpha_в = 40^\circ$. В случае $\theta = 10^\circ$ уже заметен

пик рассогласования $\Delta\alpha$ при $\alpha_B \approx 29^\circ$ ($|\Delta\alpha| \approx 3,3^\circ$) с некоторым последующим уменьшением; при $\theta = 15^\circ$ пик отмечается при $\alpha_B \approx 21^\circ$ ($|\Delta\alpha| \approx 2,2^\circ$), а при больших значениях α_B рассогласование уменьшается до нуля, затем принимает значение $|\Delta\alpha| = 0,112^\circ$. При $\theta > 15^\circ$ угол α_B , при котором $\Delta\alpha$ после пика достигает нуля, уменьшается, а последующий за этим рост рассогласования $\Delta\alpha$ с противоположным знаком становится все более интенсивным. При любом значении θ первоначально $\alpha_{нп} < \alpha_{нф}$, а в случае $\theta \geq 15^\circ$ при углах α_B , превышающих значения, при которых $\Delta\alpha = 0$, при дальнейшем повышении α_B верно обратное: $\alpha_{нп} > \alpha_{нф}$.

С точки зрения выбора оптимального угла наклона бокового рычага θ исходя из условия $\Delta\alpha \rightarrow 0$ угол $\theta < 15^\circ$ не является предпочтительным, поскольку во всем диапазоне угла поворота α_B рассогласование $\Delta\alpha$ больше, чем при угле $\theta = 15^\circ$, который обеспечивает относительно умеренное отклонение $\Delta\alpha$ при малых и средних углах поворота колес, и почти полное соблюдение условия чистого качения ($\Delta\alpha = 0$) при больших углах поворота ($\alpha_B \approx 40^\circ$). Выбор угла $\theta > 15^\circ$ позволяет приблизиться к соблюдению условия чистого качения при малых углах поворота управляемых колес, но за счет увеличения рассогласования при больших углах поворота. Расчеты для базового значения наклона рычага $\theta = 16,17^\circ$ показали рассогласование $|\Delta\alpha| = 1,539^\circ$ – при $\alpha_B = 10^\circ$, $|\Delta\alpha| = 2,005^\circ$ – при $\alpha_B = 20^\circ$, $|\Delta\alpha| = 1,315^\circ$ – при $\alpha_B = 30^\circ$, $|\Delta\alpha| = 0,742^\circ$ – при $\alpha_B = 40^\circ$. На основании анализа данных графиков (рис. 3, 4 и 5) и таблицы 2 примерно это значение можно считать наиболее рациональным, обеспечивающим достаточное соблюдение условия чистого качения как при малых, так и при больших углах поворота управляемых колес. В случае необходимости обеспечения максимального соблюдения условия чистого качения колес при конкретных углах поворота можно принимать угол θ равным другим значениям, но при этом необходимо помнить о конструктивных ограничениях возможного угла наклона боковых поворотных рычагов рулевой трапеции [9].

Дополнительно проведен анализ графика зависимости $\Sigma(\Delta\alpha)^2 = f(\theta)$ (рис. 6), который позволяет утверждать, что оптимальным, с учетом всего интервала изменения углов поворота управляемых колес и при неизменных длинах боковых поворотных рычагов, является значение угла $\theta = 18^\circ$, которое несколько отличается от базового варианта $\theta = 16,17^\circ$.

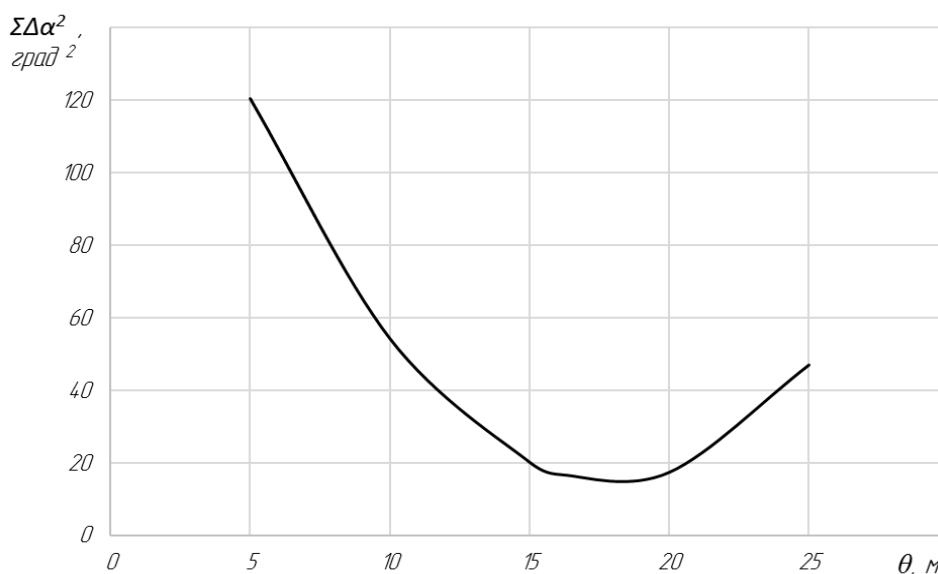


Рис. 6. График зависимости параметра $\Sigma(\Delta\alpha)^2$ от угла наклона бокового рычага рулевой трапеции трактора Беларус-80.1

На рисунках 7 и 8 представлены зависимости мгновенного теоретического минимального радиуса поворота $R_{\min}$ и отклонения мгновенного центра поворота от продолжения линии задней оси e трактора Беларус-80.1 от угла наклона бокового рычага θ четырехзвенной рулевой трапеции при углах $\alpha_B = 10^\circ$, $\alpha_B = 25^\circ$ и $\alpha_B = 40^\circ$, полученные на основе аналитических расчетов по представленному выше алгоритму. Принятие для анализа углов поворота управляемых колес трактора обусловлено их наиболее используемыми рабочими режимами [8, 15, 16].

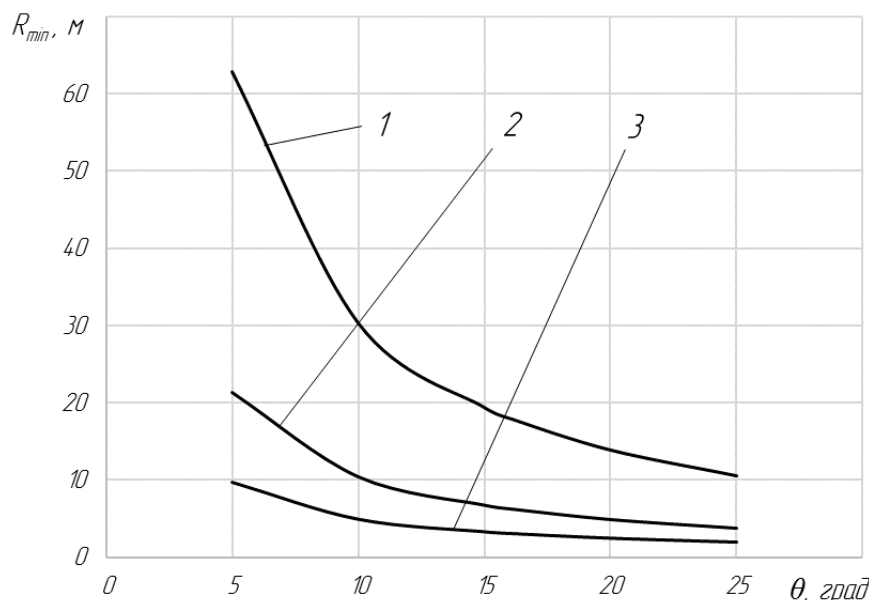


Рис. 7. Графики зависимостей теоретического минимального радиуса поворота трактора Беларус-80.1 от угла наклона бокового рычага рулевой трапеции:

1 – $\alpha_B = 10^\circ$; 2 – $\alpha_B = 25^\circ$; 3 – $\alpha_B = 40^\circ$

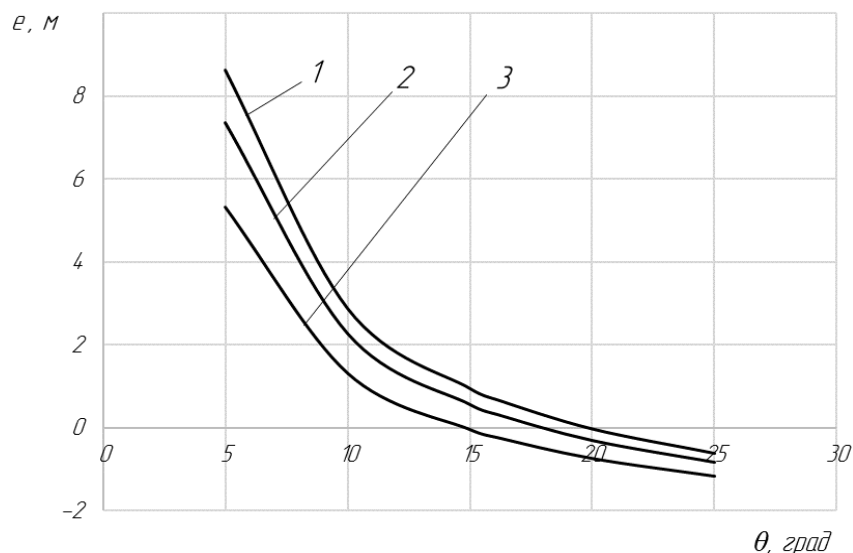


Рис. 8. Графики зависимостей отклонения мгновенного центра поворота от продолжения линии задней оси трактора Беларус-80.1 от угла наклона бокового рычага рулевой трапеции:

1 – $\alpha_B = 10^\circ$; 2 – $\alpha_B = 25^\circ$; 3 – $\alpha_B = 40^\circ$

Расчетом по зависимости (5) установлено, что увеличение угла наклона бокового рычага к продольной оси машины от 5 до 25° (рис. 1) приводит к многократному уменьшению мгновенного минимального радиуса поворота трактора на всех рассматриваемых режи-

мах поворота колес (рис. 7). Так, при угле $\alpha_B = 10^\circ$ и $\theta = 5^\circ$ $R_{\min} = 62,811$ м. При том же значении α_B , но при $\theta = 25^\circ$ $R_{\min} = 10,491$ м. Уменьшение составило $\Delta R_{\min} = 52,32$ м, или 83,3%.

Для углов $\alpha_B = 25^\circ$ и $\alpha_B = 40^\circ$ получили соответственно: $\theta = 5^\circ - R_{\min} = 21,337$ м и $R_{\min} = 9,672$ м; $\theta = 25^\circ - R_{\min} = 3,791$ м и $R_{\min} = 1,949$ м; $\alpha_B = 25^\circ - \Delta R_{\min} = 17,546$ м (82,23%) и $\alpha_B = 40^\circ - \Delta R_{\min} = 7,723$ м (79,85%). При этом смещение мгновенного центра поворота O (рис. 1) от линии продолжения задней оси трактора (7) при увеличении угла поворота управляемых колес сначала уменьшается, затем незначительно увеличивается (рис. 8). Причем при малых углах поворота центр поворота O лежит вне колесной базы машины, а при больших – внутри нее. При углах $\alpha_B = 10^\circ$, $\alpha_B = 25^\circ$ и $\alpha_B = 40^\circ$ соответственно имеем: $\theta = 5^\circ - e = 8,615$ м, $e = 7,342$ м и $e = 5,318$ м; $\theta = 25^\circ - e = 0,61$ м, $e = 0,84$ м и $e = 1,162$ м. Разность составила: $\alpha_B = 10^\circ - \Delta e = 9,225$ м (107,08%); $\alpha_B = 25^\circ - \Delta e = 8,185$ м (111,48 %); $\alpha_B = 40^\circ - \Delta e = 6,48$ м (121,85%).

Для правильного поворота исследуемого объекта (рис. 2) при тех же соответствующих данному условию конструктивных и эксплуатационных характеристиках, определенных по формуле (2), получены следующие значения минимального радиуса поворота: $\alpha_B = 10^\circ - R_{\min} = 15,22$ м, $\alpha_B = 25^\circ - R_{\min} = 5,829$ м и $\alpha_B = 40^\circ - R_{\min} = 3,334$ м. В первом случае ($\alpha_B = 10^\circ$) минимальный радиус $R_{\min}$ идеального поворота меньше $R_{\min}$ фактического поворота при малых углах наклона рычага ($\theta = 5^\circ$) – на $\Delta R_{\min} = 47,591$ м (75,77%), а в случае больших углов наклона рычага ($\theta = 25^\circ$) радиус $R_{\min}$ реального поворота меньше, чем правильного поворота – на $\Delta R_{\min} = 4,729$ м (31,07%). Аналогичную картину имеем при $\alpha_B = 25^\circ$ и при $\alpha_B = 40^\circ$: для $\theta = 5^\circ$ $R_{\min}$ идеального поворота меньше $R_{\min}$ фактического поворота на $\Delta R_{\min} = 15,508$ м (72,68 %) и $\Delta R_{\min} = 6,338$ м (65,53%) соответственно, а при $\theta = 25^\circ$ $R_{\min}$ реального поворота меньше, чем $R_{\min}$ правильного поворота – на $\Delta R_{\min} = 2,038$ м (34,96 %) и на $\Delta R_{\min} = 1,385$ м (41,54%).

Для базового варианта рулевой трапеции ($m = 0,2066$ м и $\theta = 16,17^\circ$) искомые кинематические характеристики фактического поворота имеют следующие значения: $\alpha_B = 10^\circ - R_{\min} = 17,754$ м, $e = 0,67$ м; $\alpha_B = 25^\circ - R_{\min} = 6,243$ м, $e = 0,303$ м; $\alpha_B = 40^\circ - R_{\min} = 3,051$ м, $e = -0,236$ м. Имеем увеличение радиуса $R_{\min}$ в сравнении с одноименным параметром, полученным для правильного поворота: при $\alpha_B = 10^\circ$ и $\alpha_B = 25^\circ$ – соответственно на $\Delta R_{\min} = 2,534$ м (14,27 %) и $\Delta R_{\min} = 0,414$ м (6,63 %), а при $\alpha_B = 40^\circ$ – уменьшение на $\Delta R_{\min} = 0,283$ м (9,28%). При этом смещение центра O поворота e при значениях угла наклона боковых рычагов $\theta = 5^\circ$ больше, чем при базовом наклоне $\theta = 16,17^\circ$, а при $\theta = 25^\circ$ – меньше во всем диапазоне изменения углов поворота управляемых колес. Но при $\theta = 5^\circ$ центр поворота O смещается за пределы продольной базы, а при $\theta = 25^\circ$ – внутрь нее.

Выводы

1. Четырехзвенный шарнирно-рычажный механизм рулевой трапеции не позволяет в полной мере обеспечить необходимую взаимосвязь между углами поворота внутреннего и наружного управляемых колес машины относительно плоскости их вращения.

2. Для трактора Беларус-80.1 установлено, что угол наклона бокового рычага рулевой трапеции $\theta = 18^\circ$ при постоянном его угловом положении является оптимальным во всем интервале изменения углов поворота управляемых колес, так как при этом углы поворота наружного колеса наиболее близки подобным углам правильного поворота при одних и тех же углах поворота внутренних управляемых колес.

3. Увеличение угла наклона бокового рычага от 5 до 25° приводит к уменьшению мгновенного минимального радиуса поворота трактора Беларус-80.1 во всем диапазоне изменения углов поворота управляемых колес.

Так, для углов $\alpha_B = 25^\circ$ и $\alpha_B = 40^\circ$ получили соответственно: $\theta = 5^\circ - R_{\min} = 21,337$ м и $R_{\min} = 9,672$ м; $\theta = 25^\circ - R_{\min} = 3,791$ м и $R_{\min} = 1,949$ м; $\theta = 5^\circ - \Delta R_{\min} = 17,546$ м и $\theta = 25^\circ - \Delta R_{\min} = 7,723$ м.

4. Установлено снижение величин смещения мгновенного центра поворота от линии продолжения задней оси трактора Беларус-80.1 с ростом угла θ от 5° до 25° во всем диапазоне изменения углов поворота управляемых колес. Причем при $\theta = 5^\circ$ центр поворота лежит вне колесной базы машины, а при $\theta = 25^\circ$ – внутри нее.

5. За счет применения рулевой трапеции для выполнения поворота колесной машины можно в некоторых случаях улучшить ее маневренность в сравнении с правильным поворотом, но при этом мгновенный центр поворота будет находиться внутри колесной базы, и кинематическое согласование качения колес будет происходить вследствие боковой деформации шин и скольжения, что является причиной их дополнительного износа и возникновения повышенных нагрузок на детали, узлы и агрегаты.

6. Обоснование рациональных конструктивных параметров четырехзвенного шарнирно-рычажного механизма рулевой трапеции должно быть осуществлено методами оптимизации на основе моделирования процесса криволинейного движения колесной машины [17, 19] в зависимости от способа поворота и конкретных условий работы, где основным критерием необходимо принимать смещение мгновенного центра скоростей от линии продолжения задней оси.

Список источников

1. Анилович В.Я., Водолажченко Ю.Т. Конструирование и расчет сельскохозяйственных тракторов: справочное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Машиностроение, 1976. 456 с.
2. Беляев А.Н., Мухин А.М., Пиляев В.С. Аналитическая оценка влияния длины бокового рычага рулевой трапеции на кинематику поворота колесной машины // Наука в Центральной России. 2025. № 5(77). С. 75–86. DOI: 10.35887/2305-2538-2025-5-75-86.
3. Беляев А.Н., Оробинский В.И., Химченко А.В. и др. Определение положения мгновенного центра поворота и радиуса поворота при изменении ширины колеи колесного трактора // Наука в Центральной России. 2024. № 3(69). С. 73–84. DOI: 10.35887/2305-2538-2024-3-73-84.
4. Беляев А.Н., Тришина Т.В., Шередекин П.В. Основные типы систем рулевых управлений автомобилей // Проблемы и перспективы конструктивного совершенствования отечественного автомобилестроения: материалы Всероссийской научно-технической конференции (Воронеж, 12 апреля 2003 г.). Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», 2023. С. 24–32.
5. Беляев А.Н., Химченко А.В., Тришина Т.В. и др. Исследование кинематики поворота колесной машины с изменяемой колеей // Тракторы и сельхозмашины. 2024. Т. 91, № 5. С. 542–552. DOI: 10.17816/0321-4443-627756.
6. Бухарин Н.А., Прозоров В.С., Щукин М.М. Автомобили. Конструкция, нагрузочные режимы, рабочие процессы, прочность агрегатов автомобиля. 2-е изд., доп. и перераб. Ленинград: Машиностроение, 1973. 504 с.
7. Гришкевич А.И., Ломако Д.М., Автушенко В.П. и др. Автомобили: конструкция, конструирование и расчет. Системы управления и ходовая часть: учебное пособие. Минск: Вышэйшая школа, 1987. 200 с.
8. Гуськов В.В., Велев Н.Н., Атаманов Ю.Е. и др. Тракторы: теория. Москва: Машиностроение, 1988. 374 с.
9. Ксенович И.П., Гуськов В.В., Бочаров Н.Ф. и др. Тракторы. Проектирование, конструирование и расчет. Москва: Машиностроение, 1991. 544 с.
10. Лукин П.П., Гаспарянц Г.А., Родионов В.Ф. Конструирование и расчет автомобиля. Москва: Машиностроение, 1984. 376 с.
11. Новиков А.Е. Улучшение поворачиваемости машинно-тракторного агрегата за счет совершенствования задней навесной системы: дис. ... канд. техн. наук: 4.3.1. Воронеж, 2024. 173 с.
12. Раймпель Й. Шасси автомобиля. Рулевое управление; пер. с нем. Москва: Машиностроение, 1987. 232 с.
13. Руководство по эксплуатации тракторов Беларус-80.1/82.1/82Р [Электронный ресурс] // ООО «Минский тракторный завод». URL: <https://mtz.ru/novosti/48-belarus-80-1-82-1-820-rukovodstvo-po-ekspluatatsii> (дата обращения: 18.06.2025).
14. Скотников В.А., Мащенский А.А., Солонский А.С. Основы теории и расчета трактора и автомобиля; под. ред. В.А. Скотникова. Москва: Агропромиздат, 1986. 383 с.
15. Смирнов Г.А. Теория движения колесных машин. 2-е изд., доп. и перераб. Москва: Машиностроение, 1990. 352 с.
16. Тарасик В.П. Теория движения автомобиля: учебник. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2006. 478 с.
17. Genta G. Motor Vehicle Dynamics. Modeling and Simulation. Great Britain, London: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2006. 600 p.
18. Jazar Reza N. Vehicle Dynamics: Theory and Application. Switzerland: Springer Charm, 2008. 1167 p.
19. Meywerk M. Vehicle dynamics. United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd, 2015. 362 p.

References

1. Anilovich V.Ya., Vodolazhchenko Yu.T. Design and calculation of agricultural tractors: reference guide. 2nd edition, revised and enlarged. Moscow: Mashinostroenie Publishers; 1976. 456 p. (In Russ).
2. Belyaev A.N., Mukhin A.M., Pilyaev V.S. Analytical assessment of the effect of the length of the side lever of the steering trapezoid on the kinematics of turning a wheeled vehicle. *Science in the Central Russia*. 2025;5(77):75-86. DOI: 10.35887/2305-2538-2025-5-75-86. (In Russ.).
3. Belyaev A.N., Orobinsky V.I., Khimchenko A.V. et al. Determination of the position of the instantaneous center of rotation and the turning radius when changing the track width of a wheeled tractor. *Science in the Central Russia*. 2024;3(69):73-84. DOI: 10.35887/2305-2538-2024-3-73-84. (In Russ.).
4. Belyaev A.N., Trishina T.V., Sheredekin P.V. The main types of steering systems of cars. In: Problems and prospects of constructive improvement of the domestic automotive industry: Proceedings of the All-Russian Science and Technology Conference (Voronezh, April 12, 2023). Voronezh: Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov; 2023:24-32. (In Russ).
5. Belyaev A.N., Khimchenko A.V., Trishina T.V. et al. Study of the turn kinematics of a wheeled vehicle with a variable track. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2024;91(5):242-252. DOI: 10.17816/0321-4443-627756. (In Russ.).
6. Bukharin N.A., Prozorov V.S., Shchukin M.M. Automobiles. Design, loading modes, operating procedures, car units' strength factor. 2nd edition, revised and enlarged. Leningrad: Mashinostroenie Publishers; 1973. 504 p. (In Russ).
7. Grishkevich A.I., Lomako D.M., Avtushenko V.P. et al. Cars: construction, design and calculation. Control systems and chassis: study guide. Minsk: Vysshaya Shkola Publishers; 1987. 200 p. (In Russ).
8. Guskov V.V., Velev N.N., Atamanov Yu.E. et al. Tractors: Theory. Moscow: Mashinostroenie Publishers; 1988. 374 p. (In Russ).
9. Ksenevich I.P., Guskov V.V., Bocharov N.F. et al. Tractors. Design, construction and calculation. Moscow: Mashinostroenie Publishers; 1991. 544 p. (In Russ).
10. Lukin P.P., Gasparyants G.A., Rodionov V.F. Car design and calculation. Moscow: Mashinostroenie Publishers; 1984. 376 p. (In Russ).
11. Novikov A.E. Improving the turnability of a machine-tractor unit by perfecting the rear mounted system: Candidate Dissertation in Engineering Sciences: 4.3.1. Voronezh; 2024. 173 p. (In Russ).
12. Raimpel J. Car chassis: Steering. Translated from German by V.N. Palyanov; edited by A.A. Galbreikh. Moscow: Mashinostroenie Publishers; 1987. 232 p. (In Russ).
13. Operation Manual. Tractor Belarus 80.1/82.1/82P. OOO "Minsk Tractor Works". URL: <https://mtz.ru/novosti/48-belarus-80-1-82-1-820-rukovodstvo-po-ekspluatatsii>. (In Russ.).
14. Skotnikov V.A., Mashchensky A.A., Solonsky A.S. Fundamentals of theory and calculation of tractors and automobiles; edited by V.A. Skotnikov. Moscow: Agropromizdat; 1986. 383 p. (In Russ).
15. Smirnov G.A. Theory of motion of wheeled vehicles. 2nd edition, revised and enlarged. Moscow: Mashinostroenie Publishers; 1990. 352 p. (In Russ).
16. Tarasik V.P. Theory of car movement: textbook. St. Petersburg: BHV-Petersburg Publishers; 2006. 478 p. (In Russ).
17. Genta G. Motor Vehicle Dynamics. Modeling and Simulation. United Kingdom: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. 2006. 600 p.
18. Jazar Reza N. Vehicle Dynamics: Theory and Application. Switzerland: Springer Charm; 2008. 1167 p.
19. Meywerk M. Vehicle dynamics. United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd; 2015. 362 p.

Информация об авторах

А.Н. Беляев – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой прикладной механики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», aifkm_belyaev@mail.ru.

Д.Н. Афоничев – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электротехники и автоматики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», dmafonichev@yandex.ru.

А.М. Мухин – заведующий лабораторией кафедры прикладной механики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», alex.fly2002@mail.ru.

В.С. Пилияев – аспирант кафедры прикладной механики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», plaksher@gmail.com.

Information about the authors

A.N. Belyaev, Doctor of Engineering Sciences, Head of the Dept. of Applied Mechanics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, aifkm_belyaev@mail.ru.

D.N. Afonichev, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Dept. of Electrical Engineering and Automation, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, dmafonichev@yandex.ru.

A.M. Mukhin, Head of the Laboratory of the Dept. of Applied Mechanics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, alex.fly2002@mail.ru.

V.S. Pilyaev, Postgraduate Student, the Dept. of Applied Mechanics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, plaksher@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 10.12.2025; одобрена после рецензирования 20.01.2026; принята к публикации 26.01.2026.

The article was submitted 10.12.2025; approved after reviewing 20.01.2026; accepted for publication 26.01.2026.

© Беляев А.Н., Афоничев Д.Н., Мухин А.М., Пилияев В.С., 2026

4.3.1. ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 62-838

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2026_1_108

EDN: HWOODY

Определение динамических характеристик крутильных колебаний многомассовой системы трактора тягового класса 0,6

Сергей Евгеньевич Сенькевич¹, Захид Адыгезалович Годжаев²,
Екатерина Николаевна Ильченко³, Илья Сергеевич Алексеев^{4✉}

¹ Московский политехнический университет, Москва, Россия

² Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт «НАМИ», Москва, Россия

^{3, 4} Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия

⁴ dreeddog@mail.ru✉

Аннотация. Представлены результаты расчетно-теоретического исследования динамических процессов в силовой передаче трактора сельскохозяйственного назначения тягового класса 0,6 (на примере Т-25) с классической компоновкой серийного исполнения, классической компоновкой с электродвигателем (ЭД) и с упругодемпфирующим механизмом (УДМ) в силовой передаче. Разработаны укрупненные расчетные схемы силовой передачи трактора класса 0,6 с 9 и 11 массами, которые в процессе исследования были редуцированы до 6-массовых, что позволило определить частоты и формы собственных и вынужденных колебаний, резонансные частоты, а также добротность колебательной системы. Для нахождения собственных круговых частот был использован способ, основанный на решении частотного уравнения в матричном виде. Полученные данные свидетельствуют об изменении показателей при сравнении их с классической компоновкой (трактор с ДВС). Оснащение трактора упругодемпфирующим механизмом (УДМ) позволяет смещать собственные частоты, а замена силовой установки на электродвигатель (ЭД) позволяет изменять амплитуды собственных частот. Установка электродвигателя и упругодемпфирующего механизма позволила изменить частоту собственных колебаний для трактора с ЭД до 46% в высокочастотную область, для трактора с УДМ – до 33% в низкочастотную область. Анализ средних величин рассчитанной добротности для всех масс серийного и опытного тракторов в затухающей колебательной системе позволяет сделать вывод, что этот показатель для серийного трактора всегда больше, чем для тракторов с УДМ и с ЭД, соответственно на 58 и 63%. Расчетами подтверждается то, что и электродвигатель, и упругодемпфирующий механизм являются эффективными средствами стабилизации динамических нагрузок.

Ключевые слова: сельскохозяйственный трактор, двигатель, упругодемпфирующий механизм, электропривод, силовая передача, колебания

Для цитирования: Сенькевич С.Е., Годжаев З.А., Ильченко Е.Н., Алексеев И.С. Определение динамических характеристик крутильных колебаний многомассовой системы трактора тягового класса 0,6 // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, № 1(88). С. 108–123. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_108–123.

4.3.1. TECHNOLOGIES, MACHINERY AND EQUIPMENT FOR AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX (ENGINEERING SCIENCES)

Original article

Determination of the dynamic characteristics of torsional vibrations of a multi-mass tractor system of the 0.6 drawbar category

Sergey E. Senkevich¹, Zakhid A. Godzhaev², Ekaterina N. Ilchenko³, Iliya S. Alekseev^{4✉}

¹ Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia

² Central Scientific Research Automobile and Automotive Engines Institute NAMI, Moscow, Russia

^{3, 4} Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia

⁴ dreeddog@mail.ru✉

Abstract. The authors present the results of a computational and theoretical study of dynamic processes in the power transmission of an agricultural tractor of the 0.6 drawbar category (based on the T-25 tractor) with a classic layout, a classic layout with an electric motor (EM), and with an elastic damper mechanism (EDM) in the power transmission. Structure flowcharts of power transmission of the chosen tractor with 9 and 11 masses were developed, which were reduced to 6-mass in the course of the study, which allowed to determine the frequencies and shapes of natural and forced vibrations, resonant frequencies, as well as the quality factor of the oscillating system. To find the free-running circular frequencies, a method based on solving the frequency equation in matrix form was used. The obtained data indicate changes in the parameters when compared with the classical layout (a tractor with an internal combustion engine). Equipping the tractor with an elastic damper mechanism (EDM) makes it possible to shift free-running frequencies, and replacing the power unit with an electric motor (EM) changes the

amplitudes of free-running frequencies. Installing an electric motor and an elastic damper mechanism changed free-running frequency of the tractor with an electric motor by up to 46% in the high-frequency region, and for the tractor with an elastic damper mechanism, it was changed by up to 33% in the low-frequency region. An analysis of the average values of the calculated quality factor for all masses of the serial and experimental tractors in a damped oscillatory system allows for the conclusion that this indicator for the serial tractor is always greater than for the tractor with an elastic damper mechanism and an electric motor, respectively, by 58% and 63%. The calculations confirm that both the electric motor and the elastic damper mechanism are effective means of stabilizing dynamic loads.

Keywords: agricultural tractor, engine drive, elastic damper mechanism, electric drive, power transmission, vibrations

For citation: Senkevich S.E., Godzhaev Z.A., Ilchenko E.N., Alekseev I.S. Determination of the dynamic characteristics of torsional vibrations of a multi-mass tractor system of the 0.6 drawbar category. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(1):178-188. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_108-123.

В настоящее время в сфере сельского хозяйства появились запросы на экологичность применяемых технологий и технических средств, а также использование альтернативных источников энергии для повышения экономичности и эффективности управления мобильными энергетическими средствами (МЭС). Процессы совершенствования МЭС (в частности, обеспечение устойчивости движения технико-технологической системы) базируются на понимании того, что важными параметрами, определяющими характеристики различных конструкций (в том числе трактора), являются собственная частота и форма колебаний. Зная эти параметры, проектировщики могут разрабатывать конструкции, при работе которых на длительных эксплуатационных режимах не возникали бы частоты, близкие к резонансным. При этом изменение спектра частоты собственных колебаний системы может служить в качестве признака появления и развития дефекта.

Развитие тракторостроения идет по пути снижения вредных выбросов и повышения уровня автоматизации, что затруднительно при использовании традиционных ДВС [8]. Перспективными решениями являются совершенствование силовой передачи или переход на электродвигатели (ЭД). В странах с развитой экономикой (США, Китай, Индия, страны Европы) электрификация тракторов стала приоритетным направлением, так как электропривод упрощает внедрение цифровых технологий. Например, интеллектуальная система управления балластом, описанная S. Zhang et al., по результатам моделирования в MATLAB/Simulink позволила снизить пробуксовку колес на 10,3% и повысить устойчивость машины [31]. Теоретические аспекты функционирования электромеханических трансмиссий и методики анализа их параметров также детально рассматриваются в работах Д.С. Солдатенко [24].

Эффективность колесных тракторов, в том числе малого класса тяги, определяется минимизацией энергозатрат и ростом производительности [5]. Ключевым направлением здесь является модернизация силовых установок и передач. Важную роль играет способность трансмиссии поглощать крутильные колебания и демпфировать нагрузки. Применение упругодемпфирующих механизмов (УДМ) значительно повышает эффективность мобильных энергетических средств [9, 10, 11, 12], что подтверждают результаты исследований И.П. Попова [18], В.А. Кравченко с соавторами [10, 12, 29], С.Е. Сенькевича с соавторами [22, 23] и др.

Многие исследования посвящены поиску путей совершенствования современных образцов тракторной техники на основе изучения таких характеристик, как собственная частота и форма колебаний, а также определения этих динамических параметров для разных технологических систем. Например, К.Ю. Кравченко с соавторами представляют операционный модальный анализ для определения собственных частот колебаний технологической системы при фрезеровании [13]. М.Ф. Гарифуллин приводит определение параметров для упругой конструкции модифицированным итерационным методом [4].

Подобные расчеты актуальны для всех узлов транспортных средств: П.С. Григорьев отмечает важность учета форм колебаний для устойчивости оболочек цистерн [6], Р.В. Гучинский предлагает оптимизацию жесткости кузова вагона для снижения его массы [7]. С.М. Белинис разработал методику расчета колебаний ротора через уравнения Лагранжа [3], а W. Ding et al. исследуют колебания потока цилиндрических эле-

ментов с помощью уравнений Навье-Стокса [27]. С.В. Нестеров экспериментально подтвердил, что изменение собственных форм колебаний позволяет выявлять деградацию сечения деталей до их разрушения [16]. И.Ф. Кожевников проанализировал частоты вращающейся нагруженной шины [9], B.S. Kim et al. смоделировали вибрацию шин как круглую балку, определив влияние давления на коэффициент демпфирования [28]. Особое внимание уделяется подвижным конструкциям на транспортном средстве. I. Tomoyuki указывает на необходимость отстройки собственных частот манипуляторов во избежание резонанса [30], А.К. Толстошеева применяет программный комплекс «Универсальный механизм» для моделирования плоских манипуляторов [26].

В контексте заявленной темы наибольший интерес представляют исследования, посвященные машинам и непосредственно тракторам. Р.М. Айнбиндер, используя метод расчета собственных частот передней и задней подвесок грузового автомобиля с учетом веса груза, особое внимание уделяет опасным смещениям закрепленного груза на грузовой платформе [1]. Для сельскохозяйственных машин В.Б. Попов предлагает алгоритм определения частот сложных разветвленных трансмиссий с учетом коэффициента запаса прочности [17].

На основе проведенного анализа опубликованных источников информации следует подчеркнуть, что решая комплексную задачу по улучшению конструкции трактора, обязательно следует учитывать тот факт, что любая модернизация узлов изменяет динамические характеристики всей системы. Следовательно, расчет частот и форм колебаний является обязательным этапом проектирования новой или совершенствования существующей мобильной техники.

Цель проведенного исследования заключалась в определении частот и форм собственных крутильных колебаний трактора тягового класса 0,6 как многомассовой системы с различными силовыми установками и дополнительным устройством для изменения динамических свойств системы. Работа является продолжением исследований, начатых в публикациях [20, 21].

Материалы и методы

Каждая система имеет довольно большое количество частот свободных колебаний, которые образуют спектр. Каждой частоте собственных колебаний соответствует своя форма колебаний. Форма колебаний определяется картиной знакопеременных смещений или прогибов и положением узловых линий. В узловых линиях перемещения бесконечно малы и считаются нулевыми. По разные стороны узловых линий смещения колеблющихся участков находятся в противофазе. Совокупность форм колебаний системы образует спектр форм. В зависимости от способа соединения элементов системы изменяется спектр частот и форм колебаний.

Крутильные колебания в сложных механических системах являются теми важными динамическими процессами, исследование которых требует привлечения современных методов. К ним относятся матричные методы, позволяющие наиболее просто представить все расчетные уравнения и полученные результаты. Матричные формы записи уравнений движения крутильно-колебательной системы со многими степенями свободы удобны для расчетов по определению амплитудно-частотных характеристик при помощи ЭВМ.

Существуют различные методы расчета частот и форм собственных колебаний [14, 15]. Из всего множества при исследовании разрабатываемой системы нами принят за основу метод, описанный В.А. Лашко и М.В. Лейбовичем [14].

При выполнении расчетных исследований крутильно-колебательной системы силовой передачи трактора разработаны и сравниваются две укрупненные динамические модели силовой передачи трактора тягового класса 0,6 на примере трактора сельскохозяйственного назначения марки Т-25, который используется для выполнения различных видов сельскохозяйственных и транспортных работ: для предпосевной обработки почвы, посева, посадки овощей, ухода за посевами, междурядной обработки овощных культур и садов, уборки сена и др.

В качестве объекта исследования выбран трактор с приводом на два задних колеса. На рисунке 1 приведены динамические схемы крутильно-колеблющихся систем. Сравниваются две укрупненные схемы силовой передачи трактора тягового класса 0,6.

Первая схема состоит из 9 масс (рис. 1, а) и включает в себя элементы, которые описывают трактор с двигателем внутреннего сгорания (ДВС) и с электродвигателем (ЭД).

Вторая схема состоит из 11 масс (рис. 1, б). Следует отметить, что 11-массовую схему получили путем добавления в 9-массовую упругодемпфирующего механизма (УДМ).

Таким образом, в настоящей работе рассматриваются три системы:

- первая – классическая – ДВС с серийной силовой передачей;
- вторая – ЭД с серийной силовой передачей;
- третья – ДВС с силовой передачей, в которой установлен УДМ.

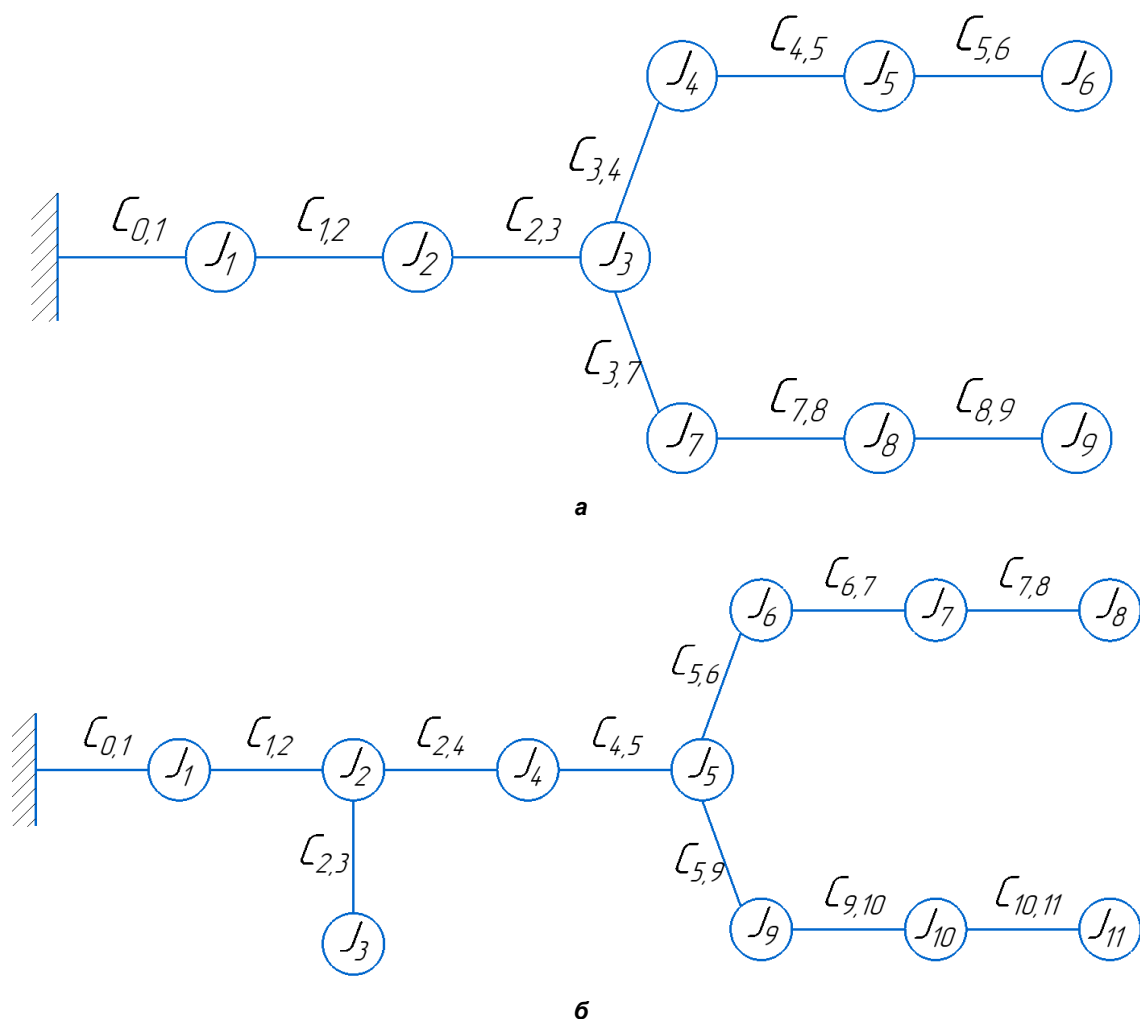


Рис. 1. Динамические схемы крутильно-колеблющихся систем:

- а) для трактора без УДМ: J_1 – момент инерции двигателя; J_2 – момент инерции валов коробки перемены передач; J_3 – момент инерции валов главной передачи и дифференциала; J_4 и J_7 – моменты инерции бортового редуктора и диска колеса; J_5 и J_8 – моменты инерции шины вместе с воздухом; J_6 и J_9 – моменты инерции поступательно движущейся массы трактора соответственно правого и левого борта;
- б) для трактора с УДМ: J_1 – момент инерции двигателя; J_2 – момент инерции водила планетарного редуктора, сателлитов, первичного вала коробки перемены передач; J_3 – момент инерции солнечной шестерни планетарного редуктора (включая привод масляного насоса); J_4 – момент инерции валов коробки перемены передач; J_5 – момент инерции валов главной передачи и дифференциала; J_6 и J_9 – моменты инерции бортового редуктора и диска колеса; J_7 и J_{10} – моменты инерции шины вместе с воздухом; J_8 и J_{11} – моменты инерции поступательно движущейся массы трактора соответственно правого и левого борта

Эквивалентная схема крутильно-колеблющейся системы состоит в общем случае из 9 и 11 масс с моментами инерции J , соединенных между собой безынерционным валом с жесткостями между массами C . В качестве упрощения можно считать, что трение в системе отсутствует; все нелинейные элементы системы линеаризованы, а колебания масс происходят с малыми амплитудами [14, 15].

Наименования элементов системы рисунка 1 и значения моментов инерции элементов крутильно-колеблющейся системы представлены в таблице 1, где символом J_i обозначен момент инерции i -й массы, приведенный к условному валу.

Таблица 1. Значения моментов инерции элементов системы

9 масс № узла	11 масс № узла	Наименование узла	Момент инерции узла, J_i , кг·м ²
1	1	Двигатель	1,34
–	2	Водило планетарного редуктора, сателлиты, первичный вал КПП в сборе	0,0011
–	3	Солнечная шестерня планетарного редуктора (включая привод масляного насоса)	0,0013
2	4	Валы коробки перемены передач	0,04
3	5	Главная передача и дифференциал	0,11
4	6	Бортовой редуктор и диск колеса	2,27
5	7	Шина вместе с воздухом	12,35
6	8	Поступательно движущаяся масса трактора правого борта	218,57
7	9	Бортовой редуктор и диск колеса	2,27
8	10	Шина вместе с воздухом	12,35
9	11	Поступательно движущаяся масса трактора левого борта	218,57

Наименования участков между узлами системы рисунка 1 и значения коэффициентов жесткости крутильно-колеблющейся системы представлены в таблице 2, где символом $C_{i,i+1}$ обозначена крутильная жесткость участка между узлами.

Таблица 2. Значения коэффициентов жесткости системы

9 масс № участка	11 масс № участка	Наименование участка	Крутильная жесткость участка, $C_{i,i+1}$, Н·м/рад	
			9 масс	11 масс
1–2	1–2	Демпфер муфты сцепления	$7,080 \cdot 10^3$	$7,080 \cdot 10^3$
–	2–3	Зубчатое зацепление сателлитов с валом водила в сборе (элементы планетарного редуктора)	–	$1,7690 \cdot 10^4$
–	2–4	Зубчатое зацепление солнечной шестерни планетарного редуктора с приводом масляного насоса	–	$1,291 \cdot 10^5$
2–3	4–5	Валы коробки перемены передач	$3,270 \cdot 10^5$	$3,270 \cdot 10^5$
3–4	5–6	Вал полуоси	$1,122 \cdot 10^6$	$1,122 \cdot 10^6$
4–5	6–7	Зубчатое зацепление бортового редуктора	$0,873 \cdot 10^6$	$0,873 \cdot 10^6$
5–6	7–8	Шина вместе с воздухом	$0,254 \cdot 10^6$	$0,254 \cdot 10^6$
3–7	5–9	Вал полуоси	$1,122 \cdot 10^6$	$1,122 \cdot 10^6$
7–8	9–10	Зубчатое зацепление бортового редуктора	$0,873 \cdot 10^6$	$0,873 \cdot 10^6$
8–9	10–11	Шина вместе с воздухом	$0,254 \cdot 10^6$	$0,254 \cdot 10^6$

Для упрощения расчетов необходимо все массы движущихся узлов привести к коленчатому валу двигателя, применив известную формулу [2, 19, 25].

Для 9 масс полное передаточное отношение силовой передачи от коленчатого вала двигателя до бортового редуктора составляет $i_{sp} = 83,31$.

Определены также следующие значения передаточного отношения:

- понижающего редуктора $i_{\text{пон.ред.}} = 1,45$;
- коробки перемены передач на шестой передаче $i_{\text{кпп}} = 3,165$;
- главной передачи и дифференциала $i_{\text{гл.п.,диф.}} = 3,42$;
- бортового редуктора $i_{\text{борт.ред.}} = 5,308$.

Для корректного сравнения обе схемы требуется привести к единым условиям. В этом случае 9- и 11-массовую схемы следует редуцировать до 6-массовых схем. Для этого можно применить способ парциальных систем, по которому любую рядную динамическую модель можно разбить на парциальные системы. Последовательность проведения редуцирования схем подробно приведена в справочной литературе [15].

Результат редуцирования показан на рисунке 2.

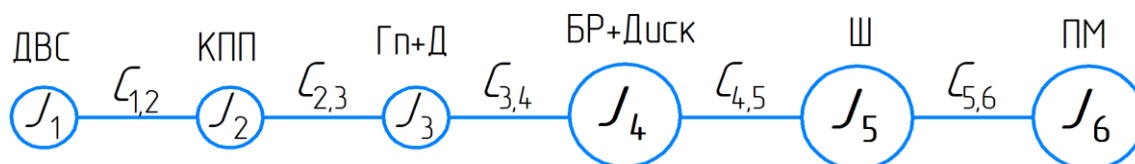


Рис. 2. Результат редуцирования 9-массовой системы до 6-массовой:

ДВС – момент инерции двигателя внутреннего сгорания; КПП – момент инерции коробки перемены передач в сборе; Гп+Д – момент инерции главной передачи и дифференциала; БР+Диск – момент инерции бортовых редукторов и дисков колес; Ш – момент инерции шин ведущих колес вместе с воздухом; ПМ – приведенный момент инерции поступательно движущейся массы трактора

Далее были выполнены расчеты для 6-массовых систем с ДВС и с ЭД, а также – с ДВС и УДМ. Символом J_{id}^{np} обозначены моменты инерции i -й массы, приведенные к коленчатому валу двигателя ($\text{кг}\cdot\text{м}^2$), а символом C_{ik}^{np} – крутильные жесткости участка между узлами, приведенные к коленчатому валу двигателя ($\text{Н}\cdot\text{м}/\text{рад}$), значения которых представлены соответственно в таблицах 3, 5 и 4, 6. Для трактора с ЭД изменяется только момент инерции двигателя ($J_1 = 0,2$), а в остальном значения остаются такими же, как и у системы с ДВС.

Таблица 3. Приведенные моменты инерции для 6-массовой системы с ДВС и ЭД

№ массы	Редуцирование	ДВС, J_{id}^{np} , $\text{кг}\cdot\text{м}^2$	ЭД, J_{id}^{np} , $\text{кг}\cdot\text{м}^2$
1	1	1,34	0,20
2	2	0,04	0,04
3	3	0,03592	0,03592
4	4 + 7	0,18909	0,18909
5	5 + 8	0,18471	0,18471
6	6 + 9	3,26892	3,26892

Таблица 4. Приведенные коэффициенты жесткости для 6-массовой системы с ДВС и ЭД

№ массы	Редуцирование	C_{ik}^{np} , $\text{Н}\cdot\text{м}/\text{рад}$
1; 2	1; 2	7080,00
2; 3	2; 3	106775,51
3; 4	3; 4 + 3; 7	46730,53
4; 5	4; 5 + 7; 8	36359,85
5; 6	5; 6 + 8; 9	1899,40

Таблица 5. Приведенные моменты инерции для 6-массовой системы с УДМ

№ массы	Редуцирование	J_{id}^{np} , кг·м ²
1	1	1,34
2	2 + 3 + 4	0,023657
3	5	0,017084
4	6 + 9	0,089935
5	7 + 10	0,087851
6	8 + 11	1,554778

Таблица 6. Приведенные коэффициенты жесткости для 6-массовой системы с УДМ

№ массы	Редуцирование	C_{jk}^{np} , Н·м/рад
1; 2	1; 2; 3; 4	2058,650
2; 3	2; 3; 4; 5	15381,194
3; 4	5; 6 + 5; 9	22226,173
4; 5	6; 7 + 9; 10	3105,003
5; 6	7; 8 + 10; 11	903,403

Расчет параметров собственных частот и форм колебаний, вычисляемых с использованием матриц распределения масс и матриц жесткости, производится согласно [25] по формуле

$$[A] \left\{ \frac{d\dot{\varphi}}{dt} \right\} + [C] \{\varphi\} = 0, \quad (1)$$

где $[A]$ – матрица моментов инерции;

$[C]$ – матрица крутильной жесткости;

φ и $\dot{\varphi}$ – обобщенные координаты и обобщенные ускорения крутильной системы с n степенями свободы соответственно [25].

С учетом вышеприведенных зависимостей система дифференциальных уравнений, предназначенная для определения собственных частот n -массовой системы [14, 15, 19], имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} J_1 \ddot{\varphi}_1 + c_{1;2}(\varphi_1 - \varphi_2) &= 0; \\ J_2 \ddot{\varphi}_2 - c_{1;2}(\varphi_1 - \varphi_2) + c_{2;3}(\varphi_2 - \varphi_3) &= 0; \\ \dots\dots\dots \\ J_i \ddot{\varphi}_i - c_{i-1}(\varphi_{i-1} - \varphi_i) + c_{i;i+1}(\varphi_i - \varphi_{i+1}) &= 0; \\ \dots\dots\dots \\ J_{n-1} \ddot{\varphi}_{n-1} - c_{n-2;n-1}(\varphi_{n-2} - \varphi_{n-1}) + c_{n-1;n}(\varphi_{n-1} - \varphi_n) &= 0; \\ J_n \ddot{\varphi}_n - c_{n-1;n}(\varphi_{n-1} - \varphi_n) &= 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Каждое из уравнений системы имеет привязку к конкретной i -й сосредоточенной массе расчетной схемы. Согласно системе уравнений, если i -я масса в момент времени t повернулась относительно $(i - 1)$ -й на некоторый угол $\varphi_i - \varphi_{i-1}$, то на участке валопровода $(i - 1)$ образуется мгновенный крутящий момент от сил упругости, равный $c_{i-1;i}(\varphi_i - \varphi_{i-1})$ и действующий на массу J_i в сторону, обратную вращению массы. Если в то же самое время масса J_{i+1} повернулась относительно массы J_i на угол $\varphi_{i+1} - \varphi_i$ и на участке $(i; i + 1)$ образовался упругий крутящий момент $c_{i;i+1}(\varphi_{i+1} - \varphi_i)$, действующий на массу в сторону ее вращения, по принципу Даламбера эти два упругих момента уравновешиваются величиной момента $J_i \ddot{\varphi}_i$.

Определение резонансных частот системы

Одним из способов поиска резонансных частот является способ построения частотных диаграмм, которые облегчают определение резонирующих гармоник крутящего

момента в диапазоне рабочих режимов двигателя и нахождение частот, при которых возникает резонанс в той или иной форме колебаний. Условие резонанса:

$$\omega_c = p_k = k \cdot \omega_{дв}, \quad (3)$$

где ω_c – частота свободных колебаний;

p_k – частота вынужденных колебаний;

k – гармоника;

$\omega_{дв}$ – угловая скорость вращения коленчатого вала двигателя.

Чтобы охарактеризовать потери энергии в колебательной системе используется величина, называемая добротностью.

$$Q = \pi \cdot N_e = \frac{\pi}{\delta}, \quad (4)$$

где δ – декремент затухания, или логарифмический декремент колебаний, описывающий уменьшение амплитуды колебательного процесса; равен натуральному логарифму отношения двух последовательных (или отстоящих друг от друга на некоторое целое количество периодов) амплитуд.

Результаты и их обсуждение

С помощью построения частотных диаграмм были получены собственные круговые частоты ω , значения которых представлены в таблице 7.

Таблица 7. Собственные круговые частоты 6-массовой системы с ДВС, ЭД и УДМ

Собственные круговые частоты, ω , рад/с			
№ строки	ДВС	ЭД	УДМ
0	0	0	0
1	36	57	26
2	146	210	115
3	577	579	268
4	957,72	959,04	733,23
5	2549,34	2549,40	1626,16

Номером 0 в таблице 7 обозначены корни, равные или практически равные нулю, амплитуды для которых равны 1. В дальнейших расчетах эти корни не участвуют.

Исходные данные (моменты инерции J и жесткости C), а также корни ω добавляем (поочередно) в уравнение разложения определителя [14] для проведения расчетов. После расчета всех коэффициентов разложения определителя I_i их следует подставить в уравнение рекуррентной формулы [14, 15], решение которого дает квадраты круговой частоты w . Взяв корень из w , получаем собственные круговые частоты ω .

Для построения графиков формы колебаний следует определить относительные амплитуды a_i . Так как коэффициенты распределения определяются по выражению $\mu_i = \frac{a_i}{a_1}$, то относительные амплитуды $a_i = \mu_i \cdot a_1$.

С учетом того, что a_1 принимается равной 1,0 ($a_1 = 1,0$), то относительные амплитуды равны коэффициентам распределения $a_i = \mu_i$. Значения относительных амплитуд для каждой системы представлены в таблицах 8, 9 и 10.

Таблица 8. Относительные амплитуды колебаний для 6-массовой системы с ДВС

№	Относительная амплитуда a при различных собственных частотах ω , рад/с				
	1	2	3	4	5
	36	146	577	957,72	2549,34
1	1	1	1	1	1
2	-1,9861	11,1538	-0,1845	-0,0248	-0,0005
3	-1,4905	-34,1029	11,4486	4,2848	0,6079
4	-1,4569	-36,8299	10,7907	3,0982	-0,8318
5	-1,3787	-42,4539	6,5238	-1,7972	0,0340
6	-1,2687	-44,9488	-10,2657	0,4837	-0,0027

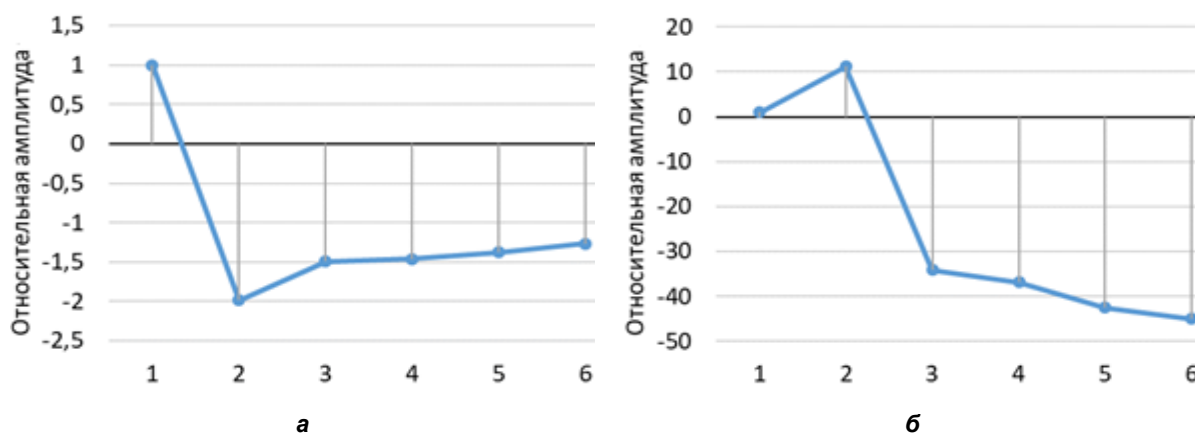
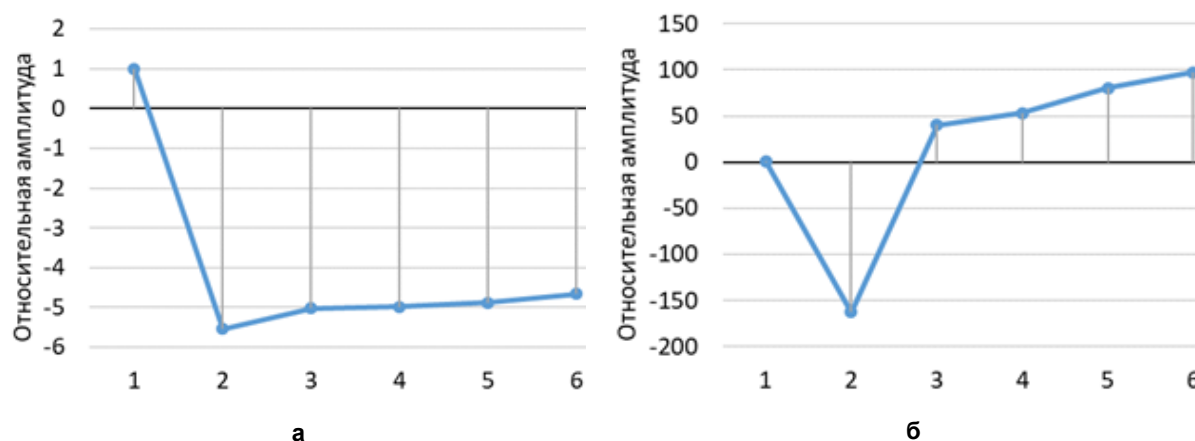
Таблица 9. Относительные амплитуды колебаний для 6-массовой схемы ЭД

№	Относительная амплитуда a при различных собственных частотах ω , рад/с				
	1	2	3	4	5
	57	210	579	959,04	2549,40
1	1	1	1	1	1
2	-5,5322	-162,7690	-1,2191	-0,1654	-0,0033
3	-5,0184	40,2385	10,3451	4,1322	0,6050
4	-4,9781	53,0339	9,8105	2,9934	-0,8277
5	-4,8736	80,4704	6,0566	-1,7250	0,0338
6	-4,6559	97,2557	-9,3451	0,4621	-0,0027

Таблица 10. Относительные амплитуды колебаний для 6-массовой схемы с УДМ

№	Относительная амплитуда a при различных собственных частотах ω , рад/с				
	1	2	3	4	5
	26	115	268	733,23	1626,16
1	1	1	1	1	1
2	-1,0977	2,4335	-0,5552	-0,0139	-0,0006
3	-0,6135	-18,6937	25,4243	4,8358	0,9862
4	-0,5480	-21,1379	26,0905	1,4862	-2,8927
5	-0,5024	-22,6127	25,1099	-1,4461	0,3027
6	-0,1663	-24,4334	-34,1908	0,0830	-0,0081

По данным, приведенным в таблицах 8, 9 и 10, можно построить графики форм колебаний для систем с ДВС, с ЭД и с УДМ, которые представлены соответственно на рисунках 3, 4 и 5.

Рис. 3. Формы колебаний 6-массовой системы с ДВС для $\omega_1 = 36$ (а) и $\omega_2 = 146$ (б)Рис. 4. Формы колебаний 6-массовой системы с ЭД для $\omega_1 = 57$ (а) и $\omega_2 = 210$ (б)

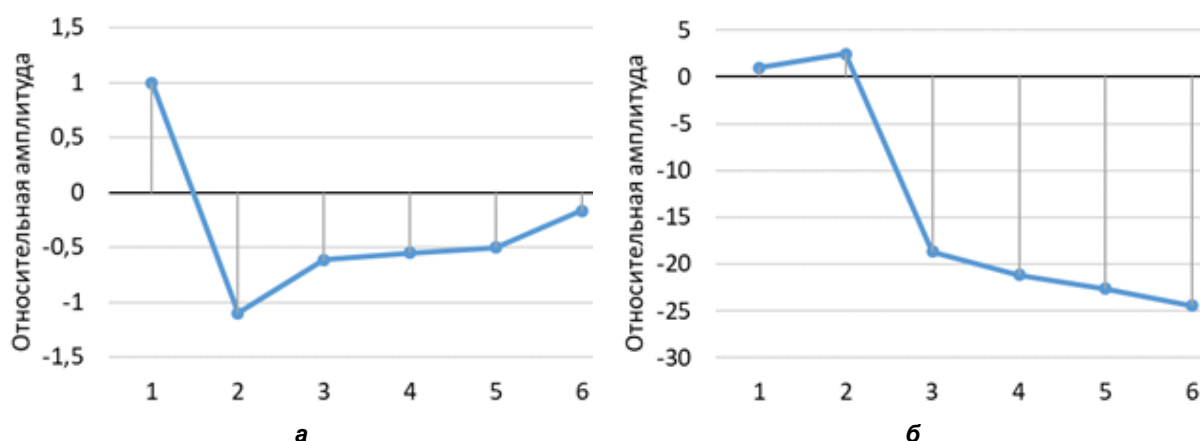


Рис. 5. Формы колебаний 6-массовой системы с УДМ для $\omega_1 = 26$ (а) и $\omega_2 = 115$ (б)

В точках пересечения собственных частот с частотами вращения коленвала на разных гармониках возникают резонансные частоты, значения которых приведены в таблицах 11, 12 и 13 соответственно для трактора с ДВС, с ЭД и с УДМ.

Полужирным шрифтом выделены значения точек резонанса определенной узловой формы колебаний с заданной гармоникой для рабочего диапазона каждого из тракторов.

Таблица 11. Значения резонансных частот системы для трактора с ДВС

ω_c , рад/с	$\omega_{дв}$, рад/с при разных значениях k							
	$k = 0,5$	$k = 1$	$k = 1,5$	$k = 2$	$k = 2,5$	$k = 3$	$k = 3,5$	$k = 4$
$\omega_1 = 36$	72,620	36,310	24,207	18,155	14,524	12,103	10,374	9,078
$\omega_2 = 146$	292,836	146,418	97,612	73,209	58,567	48,806	41,834	36,604
$\omega_3 = 557$	1154,52	577,260	384,840	288,630	230,904	192,420	164,931	144,315
$\omega_4 = 957,715$	1915,43	957,715	638,477	478,858	383,086	319,238	273,633	239,429
$\omega_5 = 2549,34$	5098,69	2549,34	1699,56	1274,67	1019,74	849,781	728,384	637,336
	$k = 4,5$	$k = 5$	$k = 5,5$	$k = 6$	$k = 6,5$	$k = 7$	$k = 7,5$	–
$\omega_1 = 36$	8,069	7,262	6,602	6,052	5,586	5,187	4,841	–
$\omega_2 = 146$	32,537	29,284	26,621	24,403	22,526	20,917	19,522	–
$\omega_3 = 557$	128,280	115,452	104,956	96,210	88,809	82,466	76,968	–
$\omega_4 = 957,715$	212,826	191,543	174,130	159,619	147,341	136,816	127,695	–
$\omega_5 = 2549,34$	566,521	509,869	463,517	424,891	392,207	364,192	339,913	–

Таблица 12. Значения резонансных частот для трактора с ЭД

ω_c , рад/с	$\omega_{дв}$, рад/с при разных значениях k						
	$k = 1$	$k = 2$	$k = 3$	$k = 4$	$k = 5$	$k = 6$	$k = 7$
$\omega_1 = 57$	57,339	28,669	19,113	14,335	11,468	9,556	8,191
$\omega_2 = 210$	210,122	105,061	70,041	52,531	42,024	35,020	30,017
$\omega_3 = 579$	579,491	289,745	193,164	144,873	115,898	96,582	82,784
$\omega_4 = 959,0441$	959,044	479,522	319,681	239,761	191,809	159,841	137,006
$\omega_5 = 2549,404$	2549,4	1274,7	849,801	637,351	509,881	424,901	364,201

Таблица 13. Значения резонансных частот системы для трактора с УДМ

ω_c , рад/с	$\omega_{дв}$, рад/с при разных значениях k							
	$k = 0,5$	$k = 1,0$	$k = 1,5$	$k = 2$	$k = 2,5$	$k = 3$	$k = 3,5$	$k = 4$
$\omega_1 = 26$	52,067	26,034	17,356	13,017	10,413	8,678	7,438	6,508
$\omega_2 = 115$	230,980	115,490	76,993	57,745	46,196	38,497	32,997	28,873
$\omega_3 = 268$	536,227	268,113	178,742	134,057	107,245	89,371	76,604	67,028
$\omega_4 = 733,234$	1466,47	733,234	488,822	366,617	293,293	244,411	209,495	183,308
$\omega_5 = 1626,16$	3252,32	1626,16	1084,11	813,079	650,463	542,053	464,617	406,540
	$k = 4,5$	$k = 5$	$k = 5,5$	$k = 6$	$k = 6,5$	$k = 7$	$k = 7,5$	–
$\omega_1 = 26$	5,785	5,207	4,733	4,339	4,005	3,719	3,471	–
$\omega_2 = 115$	25,664	23,098	20,998	19,248	17,768	16,499	15,399	–
$\omega_3 = 268$	59,581	53,623	48,748	44,686	41,248	38,302	35,748	–
$\omega_4 = 733,234$	162,941	146,647	133,315	122,206	112,805	104,748	97,764	–
$\omega_5 = 1626,16$	361,368	325,232	295,665	271,026	250,178	232,308	216,821	–

Значения добротности, рассчитанные для всех масс затухающих колебаний φ для каждой из рассматриваемых систем (систем с ДВС, с ЭД и с УДМ) представлены в таблице 14.

Таблица 14. Добротность колеблющихся масс при затухающих колебаниях φ

Колебательная система Добротность	ДВС	ЭД	УДМ
Q_1	11,442	3,315	5,006
Q_2	7,617	5,665	2,191
Q_3	21,338	4,481	7,521
Q_4	4,532	2,704	2,860
Q_5	12,372	2,854	14,004
Q_6	24,928	11,239	2,892

Анализ частот и форм колебаний трактора тягового класса 0,6 показывает, что применение ЭД и УДМ позволяет изменять частоты и формы колебаний (табл. 7–10 и рис. 3–5).

Смещение первой частоты собственных колебаний происходит в следующих диапазонах:

- для трактора с ЭД – от 39 до 57 рад/с, что составляет 46%;
- для трактора с УДМ – от 39 до 26 рад/с, что составляет 33%.

Смещение второй частоты собственных колебаний происходит в следующих диапазонах:

- для трактора с ЭД – от 146 до 210 рад/с, что составляет 44%;
- для трактора с УДМ – от 146 до 115 рад/с, что составляет 21%.

Смещение третьей частоты собственных колебаний происходит в следующих диапазонах:

- для трактора с ЭД – от 577 до 579 рад/с, что составляет около 1%;
- для трактора с УДМ – от 577 до 268 рад/с, что составляет 54%.

Для трактора с ЭД смещения четвертой (957,7 рад/с) и пятой (2549,4 рад/с) частот собственных колебаний практически не происходит.

Для трактора с УДМ смещение четвертой (957,7 рад/с) и пятой (2549,4 рад/с) частот собственных колебаний происходит до величины 733,2 и 1626 рад/с, однако эти величины технически не достижимы.

Вышеприведенные показатели доказывают эффективность применяемого средства для стабилизации динамических нагрузок и снижения динамической нагруженности.

На основе анализа значений точек пересечения собственных частот с частотами вращения коленвала на разных гармониках трактора серийного, трактора с ЭД и трактора с УДМ (табл. 11–13 и рис. 9–11) можно сделать вывод, что применение ЭД и УДМ изменяет область резонанса: ЭД смещает в область высоких, а УДМ – в область низких частот.

Наиболее опасными для серийного трактора являются следующие частоты двигателя: $\omega_{дв} = 146,4$ рад/с при $k = 1,0$; $\omega_{дв} = 97,6$ рад/с при $k = 1,5$ (табл. 11).

На гармониках высших порядков (от $k = 3,5$ до $k = 7,5$) резонансно-опасными являются такие частоты двигателя, как:

$\omega_{дв} = 164,9$ рад/с при $k = 3,5$;
 $\omega_{дв} = 144,3$ рад/с при $k = 4,0$;
 $\omega_{дв} = 128,3$ рад/с при $k = 4,5$;
 $\omega_{дв} = 115,5$ рад/с при $k = 5,0$;
 $\omega_{дв} = 104,9$ и $174,1$ рад/с при $k = 5,5$;
 $\omega_{дв} = 96,2$ и $159,6$ рад/с при $k = 6,0$;
 $\omega_{дв} = 147,3$ рад/с при $k = 6,5$;
 $\omega_{дв} = 136,8$ рад/с при $k = 7,0$;
 $\omega_{дв} = 127,0$ рад/с при $k = 7,5$.

Наиболее опасными для трактора с ЭД являются следующие частоты двигателя:

$\omega_{дв} = 57,3$ рад/с при $k = 1,0$;
 $\omega_{дв} = 28,7$ и $105,1$ рад/с при $k = 2,0$;
 $\omega_{дв} = 19,1$ и 70 рад/с при $k = 3,0$ (табл. 12).

На гармониках высших порядков (от $k = 3,0$ до $k = 7,0$) резонансно-опасными являются такие частоты двигателя, как:

$\omega_{дв} = 14,3$; $52,5$ и $144,8$ рад/с при $k = 4,0$;
 $\omega_{дв} = 11,5$; $42,0$ и $115,9$ рад/с при $k = 5,0$;
 $\omega_{дв} = 9,6$; $35,0$ и $96,0$ рад/с при $k = 6,0$;
 $\omega_{дв} = 8,2$; $30,0$; $82,8$ и $137,0$ рад/с при $k = 7,0$.

Что касается трактора с УДМ, то в этом случае наиболее опасными являются следующие частоты двигателя:

$\omega_{дв} = 115,5$ рад/с при $k = 1,0$;
 $\omega_{дв} = 178,7$ рад/с при $k = 1,5$;
 $\omega_{дв} = 134,1$ рад/с при $k = 2,0$.

На гармониках высших порядков резонансно-опасными являются такие частоты двигателя, как:

$\omega_{дв} = 183,3$ рад/с при $k = 4,0$;
 $\omega_{дв} = 162,9$ рад/с при $k = 4,5$;
 $\omega_{дв} = 146,7$ рад/с при $k = 5,0$;
 $\omega_{дв} = 133,3$ рад/с при $k = 5,5$;
 $\omega_{дв} = 122,2$ рад/с при $k = 6,0$;
 $\omega_{дв} = 112,8$ рад/с при $k = 6,5$;
 $\omega_{дв} = 104,7$ рад/с при $k = 7,0$;
 $\omega_{дв} = 97,7$ рад/с при $k = 7,5$ (табл. 13).

Следует отметить, что гармоники высших порядков ($k = 3,5 \dots 7,5$) имеют, как правило, малую энергетическую составляющую и легко преодолеваются силами инерции, возникающими от вращения маховика и валов трансмиссии, а собственные частоты

ω_3 – ω_5 трудно достижимы. Но также на гармониках $k = 2$ и $k = 3$ при собственной круговой частоте ω_1 и ω_2 двигатель трактора должен быстро преодолеть опасную угловую скорость вращения, так как работа на этой угловой скорости вращения приведет к резонансу и, как следствие, увеличению динамической нагруженности.

Анализ данных таблицы 14 показал, что значения добротности серийного трактора с ДВС соотносятся с показателями трактора с ЭД следующим образом: Q_1 превышает в 3,5 раза; Q_2 – в 1,4; Q_3 – 4,8; Q_4 – в 1,7; Q_5 – в 4,3 и Q_6 – в 2,2 раза. Значения добротности трактора с ДВС соотносятся с показателями опытного трактора с УДМ следующим образом: Q_1 превышает в 2,3 раза; Q_2 – в 3,5; Q_3 – в 2,8; Q_4 – в 1,6; Q_5 – в 0,9 и Q_6 – в 8,6 раза. Добротность характеризует избирательную и разрешающую способности колебательной системы, а ее изменение показало то, что для серийного трактора она имеет большее значение и, следовательно, резонансный отклик этой системы выше по сравнению с системой, в которую установлены ЭД и УДМ.

Средняя величина рассчитанной добротности (табл. 14) для всех масс серийного и опытного тракторов в затухающей колебательной системе показала, что это значение для серийного трактора в 2,4 и 2,7 раза больше, чем значения для тракторов соответственно с УДМ и ЭД.

Частотные диаграммы, которые были построены в представленных исследованиях, являются одним из способов поиска резонансных частот. Эти диаграммы облегчают определение резонирующих гармоник крутящего момента в диапазоне рабочих режимов двигателя и нахождение частот, при которых возникает резонанс в той или иной форме колебаний.

На основе анализа значений точек пересечения собственных частот с частотами вращения коленвала на разных гармониках для трактора серийного исполнения и тракторов с ЭД и с УДМ можно сделать вывод, что применение ЭД и УДМ изменяет область резонанса, смещая его в область частот, которые трудно достижимы или не являются рабочими для трактора исследуемого типа.

Выводы

Проведенные расчетно-теоретические исследования механических процессов в силовой передаче трактора Т-25 тягового класса 0,6 классической компоновки серийного исполнения, классической компоновки с электродвигателем и с упругодемпфирующим механизмом в силовой передаче показали эффективность применения как ЭД, так и УДМ в качестве средства стабилизации динамических нагрузок.

Разработанные 9- и 11-массовые укрупненные расчетные схемы силовой передачи трактора позволили определить частоты и формы собственных и вынужденных колебаний, добротность колебательной системы, выявить точки резонанса всей системы для изучаемого трактора. Для нахождения собственных круговых частот ω был использован способ, основанный на решении частотного уравнения в матричном виде.

Применение электродвигателя и упругодемпфирующего механизма вызывает изменение частот и форм колебаний, а именно смещение частот собственных колебаний для трактора с ЭД – до 46% в высокочастотную область, для трактора с УДМ – до 33% в низкочастотную область.

Анализ средних величин рассчитанной добротности для всех масс серийного и опытного тракторов в затухающей колебательной системе позволяет сделать вывод, что этот показатель для серийного трактора всегда больше, чем для тракторов с УДМ и с ЭД соответственно на 58 и 63%.

Расчетами подтверждается то, что электродвигатель и упругодемпфирующий механизм являются эффективными средствами стабилизации динамических нагрузок.

Список источников

1. Айнбиндер Р.М., Гордеев Б.А., Любимов А.К. и др. Определение собственных частот колебаний грузовой платформы автотранспортного средства с целью безопасного крепления груза // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2018. № 5. С. 28–35.
2. Барский И.Б., Анилович В.Я., Кутков Г.М. Динамика трактора. Москва: Машиностроение, 1972. 152 с.
3. Белинис С.М. Определение собственных частот колебаний ротора // Вестник Димитровградского инженерно-технологического института. 2017. № 1(12). С. 88–92.
4. Гарифуллин М.Ф. Параметрические исследования собственных форм и частот колебаний модифицированным итерационным методом // Ученые записки ЦАГИ. 2022. Т. 53, № 2. С. 68–80.
5. Годжаев З.А., Сенькевич С.Е., Алексеев И.С. и др. Обоснование выбора параметров электро-механической трансмиссии для трактора тягового класса 0,6-0,9 и согласование тяговых характеристик // Агроинженерия. 2023. Т. 25, № 1. С. 63–70. DOI: 10.26897/2687-1149-2023-1-63-70.
6. Григорьев П.С. О связи частот собственных колебаний и критических нагрузок при оценке жесткости несущих элементов вагонных конструкций // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. 2022. № 1(53). С. 17–23. DOI: 10.20291/2079-0392-2022-1-17-23.
7. Гучинский Р.В. Оптимизация конструкции кузова вагона электропоезда по значению частоты собственных колебаний // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2021. Т. 80, № 3. С. 152–159. DOI: 10.21780/2223-9731-2021-80-3-152-159.
8. Даминов А. Анализ наиболее значимых особенностей сельскохозяйственных тракторов в контексте необходимости формирования конструктивного облика современного трактора // Universum: технические науки. 2022. № 3-1(96). С. 41–44. DOI: 10.32743/UniTech.2022.96.3.13313.
9. Кожевников И.Ф. Собственные частоты и собственные формы колебаний нагруженной вращающейся шины // ТРУДЫ МФТИ. Труды Московского физико-технического института (национального исследовательского университета). 2017. Т. 9, № 3(35). С. 29–35.
10. Кравченко В.А., Кравченко Л.В., Сенькевич С.Е. и др. Влияние УДМ в силовой передаче энергетического средства класса 1,4 на буксование его движителей при работе в составе МТА // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 178. С. 119–128. DOI: 10.21515/1990-4665-178-010.
11. Кравченко В.А., Кравченко Л.В., Сенькевич С.Е. и др. Влияние УДМ в силовой передаче энергетического средства класса 1,4 на динамические процессы в звеньях машинно-тракторного агрегата // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 177. С. 104–113. DOI: 10.21515/1990-4665-177-010.
12. Кравченко В.А., Сенькевич А.А., Сенькевич С.Е. Некоторые статистические показатели функционирования посевного МТА с упругодемпфирующим механизмом в трансмиссии трактора // Тракторы и сельхозмашины. 2009. № 9. С. 32–34.
13. Кравченко К.Ю., Кугаевский С.С., Журавлев М.П. и др. Операционный модальный анализ для определения собственных частот колебаний // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. 2017. Т. 19, № 2. С. 21–35. DOI: 10.15593/2224-9877/2017.2.02.
14. Лашко В.А., Лейбович М.В. Матричные методы в расчетах крутильных колебаний силовых установок с ДВС: учебное пособие. Хабаровск: Изд-во ХГТУ, 2003. 211 с.
15. Маслов Г.С. Расчеты колебаний валов: справочник. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Машиностроение, 1980. 150 с.
16. Нестеров С.В., Байдулов В.Г. Эволюция собственных частот и форм изгибных колебаний стержня при увеличении дефекта поперечного сечения // Процессы в геосредах. 2018. № 4(18). С. 1174–1179.
17. Попов В.Б., Чупрынин Ю.В., Джасов Д.В. Анализ собственных частот и определение динамических коэффициентов трансмиссии сельскохозяйственной машины // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. 2017. № 2(69). С. 32–39.
18. Попов И.П. Упругие сцепки составного сельскохозяйственного транспортно-технологического средства // Вестник НГИЭИ. 2021. № 4(119). С. 21–30. DOI: 10.24412/2227-9407-2021-4-21-30.
19. Ривин Е.И. Динамика привода станков. Москва: Машиностроение, 1966. Т. 3. 204 с.
20. Сенькевич С.Е., Годжаев З.А., Ильченко Е.Н. и др. Исследование характеристик динамической системы трансмиссии трактора сельскохозяйственного назначения тягового класса 0,9 // Техника и оборудование для села. 2025. № 4(334). С. 16–20. DOI: 10.33267/2072-9642-2025-4-16-20.
21. Сенькевич С.Е., Годжаев З.А., Ильченко Е.Н. и др. Определение частот и форм собственных крутильных колебаний многомассовой системы самоходного шасси тягового класса 0,6 // Известия НВ АУК. 2024. № 4(76). С. 387–419. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-43.
22. Сенькевич С.Е., Ильченко Е.Н., Алексеев И.С. Результаты проведения экспериментальных исследований трактора, оснащенного упругодемпфирующим механизмом при агрегатировании с сеялкой // Тракторы и сельхозмашины. 2021. Т. 88, № 4. С. 33–44. DOI: 10.31992/0321-4443-2021-4-33-44.
23. Сенькевич С.Е., Крюковская Н.С. Анализ экспериментальных исследований трактора, оснащенного упругодемпфирующим механизмом в трансмиссии, при движении в составе транспортного тракторного агрегата // Тракторы и сельхозмашины. 2020. № 6. С. 59–66. DOI: 10.31992/0321-4443-2020-6-59-66.
24. Солдатенко Д.С. Расчет электромеханических параметров тягового электропривода тракторов // Актуальные вопросы машиноведения. 2019. Т. 8. С. 129–131.
25. Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем. Москва: Инфра-М, 2019. 592 с.

26. Толстошеев А.К. Компьютерное моделирование манипулятора параллельной структуры для определения собственных частот и форм колебаний // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. 2023. № 1(19). С. 40–50. DOI: 10.30987/2658-6436-2023-1-40-50.
27. Ding W., Chai Y., Liu H. et al. Numerical investigation on flow-induced vibrations of two tandem cylinders localized selective roughness with different natural frequencies // Applied Ocean Research. 2023. Vol. 135. Article No. 103540. DOI: 10.1016/j.apor.2023.103540.
28. Kim B.S., Chi C.H., Lee T.K. A study on radial directional natural frequency and damping ratio in a vehicle tire // Applied Acoustics. 2007. Vol. 68(5). Pp. 538–556.
29. Kravchenko V., Kravchenko L., Zhurba V. et al. Reducing the dynamic loading of the links of the machine-tractor unit aggregated by the mobile power vehicle of the 1.4 drawbar category // Networked Control Systems for Connected and Automated Vehicles: Conference Proceedings, St. Petersburg, 08-10.02.2022. Vol. 510-2. Switzerland: Springer Nature Switzerland AG, 2023. Pp. 2043–2052. DOI: 10.1007/978-3-031-11051-1_210.
30. Tomoyuki I. The modeling and analysis for the natural frequency adjustments of Vehicle Manipulator for the ITER Blanket Remote Handling System // Fusion Engineering and Design. 2023. Vol. 192. Article No. 113802. DOI: 10.1016/j.fusengdes.2023.113802.
31. Zhang S., Xie B., Wen C. et al. Intelligent ballast control system with active load-transfer for electric tractors // Biosystems Engineering. 2022. Vol. 215. Pp. 143–155. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2022.01.008.

References

1. Ainbinder R.M., Gordeev B.A., Lyubimov A.K. et al. Determination of natural frequencies of vibrations the cargo platform of the motor vehicle for the aim of the safe mounting of the cargo. *Transport: Science, Equipment, Management. Scientific Information Collection*. 2018;5:28-35. (In Russ.).
2. Barskiy I.B., Anilovich V.Ya., Kutkov G.M. Tractor dynamics. Moscow: Mashinostroenie Publishers; 1972. 152 p. (In Russ.).
3. Belinis S.M. Determination of natural frequencies of oscillation of the rotor. *Bulletin of the Dimitrovgrad Engineering and Technology Institute*. 2017;1(12): 88-92. (In Russ.).
4. Garifullin M.F. Parametric Studies of natural modes and frequencies of vibrations by modified iterative method. *TsAGI Science Journal*. 2022; (53):68-80. (In Russ.).
5. Godzhaev Z.A., Senkevich S.E., Alekseev I.S. et al. Justification of the parameters of an electromechanical transmission for a tractor of 0.6-0.9 traction class and coordination of traction characteristics. *Agricultural Engineering (Moscow)*. 2023;1(25):63-70. DOI: 10.26897/2687-1149-2023-1-63-70. (In Russ.).
6. Grigoriev P.S. On the relationship of natural oscillation frequencies and critical loads in assessing the rigidity of load-bearing elements of carriage structures. *Herald of the Ural State University of Railway Transport*. 2022;1(53):17-23. DOI: 10.20291/2079-0392-2022-1-17-23. (In Russ.).
7. Guchinsky R.V. Optimization of an EMU train carbody by the value of the natural bending frequency. *Russian Railway Science Journal*. 2021;80(3):152-159. DOI: 10.21780/2223-9731-2021-80-3-152-159. (In Russ.).
8. Daminov A., Abdazimov A. Analysis of the most significant functions of agricultural tractors in the context of the need to form a constructive image of a modern tractor. *Universum: Technical Sciences*. 2022;3-1(96):41-44. DOI: 10.32743/UniTech.2022.96.3.13313. (In Russ.).
9. Kozhevnikov I.F. Natural frequencies and mode shapes of vibrations of a loaded rotating tyre. *Proceedings of MIPT. Proceedings of the Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University)*. 2017;9(3): 29-35. (In Russ.).
10. Kravchenko V.A., Kravchenko L.V., Senkevich S.E. et al. The influence of UDM in the power transmission of class 1.4 energy means on dynamic processes in the links of a machine-tractor unit. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2022;178:119-128. DOI: 10.21515/1990-4665-178-010. (In Russ.).
11. Kravchenko V.A., Kravchenko L.V., Senkevich S.E. et al. The influence of elastic damping mechanism (EDM) in the power transmission of class 1.4 energy means on dynamic processes in the links of a machine-tractor unit. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2022;177:104-113. DOI: 10.21515/1990-4665-177-010. (In Russ.).
12. Kravchenko V.A., Senkevich A.A., Senkevich S.E. Some statistic indices of functioning of sowing unit with elastic damping mechanism in tractor transmission. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2009;9:32-34. (In Russ.).
13. Kravchenko K.Yu., Kugayevskiy S.S., Zhuravlev M.P. et al. Natural frequencies estimation using operational modal analysis. *Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Mechanical Engineering, Materials Sciences*. 2017;2(19):21-35. DOI: 10.15593/2224-9877/2017.2.02. (In Russ.).
14. Lashko V.A., Leybovich M.V. Matrix methods in calculations of torsional vibrations of power plants with internal combustion engines: textbook. Khabarovsk: Khabarovsk State Technical University Publishers; 2003. 211 p. (In Russ.).
15. Maslov G.S. Shaft vibration calculations: study guide. 2nd edition, revised and enlarged. Moscow: Mashinostroenie Publishers; 1980. 150 p. (In Russ.).
16. Nesterov S.V., Baydulov V.G. Evolution of natural frequencies and forms of flexural vibrations of the rod with the increase of the defect cross section. *Processes in Geomedia*. 2018;4(18):1174-1179. (In Russ.).
17. Popov V.B., Chuprynin Yu.V., Dzhasov D.V. Analysis of natural frequencies and determination of dynamic transmission coefficients of an agricultural machine. *Bulletin Sukhoi State Technical University of Gornel*. 2017;2(69):32-39. (In Russ.).
18. Popov I.P. Elastic coupling of a composite agricultural transport and technological vehicle. *Bulletin NGIEI*. 2021; 4(119):21-30. DOI: 10.24412/2227-9407-2021-4-21-30. (In Russ.).
19. Rivin E.I. Dynamics of the machine drive. Moscow: Mashinostroenie Publishers; 1966. Vol. 3. 204 p. (In Russ.).

20. Senkevich S.E., Godzhaev Z.A., Ilchenko E.N. et al. Study of the characteristics of the dynamic transmission system of an agricultural tractor of traction class 0.9. *Machinery and Equipment for Rural Areas*. 2025;4(334):16-20. DOI: 10.33267/2072-9642-2025-4-16-20. (In Russ.).
21. Senkevich S.E., Godzhaev Z.A., Ilchenko E.N. et al. Determination of frequencies and shapes of natural torsional vibrations of a multimass system of a self-propelled chassis of traction class 0.6. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2024;4(76):387-419. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-43. (In Russ.).
22. Senkevich S.E., Ilchenko E.N., Alekseev I.S. Results of experimental studies of a tractor equipped with an elastic-damping mechanism when aggregated with a seeder. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2021;4(88):33-44. DOI: 10.31992/0321-4443-2021-4-33-44. (In Russ.).
23. Senkevich S.E., Kryukovskaya N.S. Analysis of experimental researches of the tractor equipped with an elastic-damping mechanism in the transmission when moving in the composition of the transport tractor unit. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2020;6:59-66. DOI: 10.31992/0321-4443-2020-6-59-66. (In Russ.).
24. Soldatenko D.S. Calculation of electromechanical parameters of traction electric drive of tractors. *Topical Issues of Mechanical Engineering*. 2019;8:129-131. (In Russ.).
25. Tarasik V.P. Mathematic simulation of engineering systems. Moscow: Infra-M Publishers; 2019. 592 p. (In Russ.).
26. Tolstosheev A.K. Computer simulation of a parallel structure manipulator for determining natural frequencies and oscillation modes. *Automation and Modeling In Design And Management*. 2023;1(19):40-50. DOI: 10.30987/2658-6436-2023-1-40-50. (In Russ.).
27. Ding W., Chai Y., Liu H. et al. Numerical investigation on flow-induced vibrations of two tandem cylinders localized selective roughness with different natural frequencies. *Applied Ocean Research*. 2023;135:103540. DOI: 10.1016/j.apor.2023.103540.
28. Kim B.S., Chi C.H., Lee T.K. A study on radial directional natural frequency and damping ratio in a vehicle tire. *Applied Acoustics*. 2007;68(5):538-556.
29. Kravchenko V., Kravchenko L., Zhurba V. et al. Reducing the dynamic loading of the links of the machine-tractor unit aggregated by the mobile power vehicle of the 1.4 drawbar category. In: *Networked Control Systems for Connected and Automated Vehicles: Conference Proceedings*, St. Petersburg, 08-10.02.2022. Vol. 510-2. Switzerland: Springer Nature Switzerland AG, 2023. Pp. 2043-2052. DOI: 10.1007/978-3-031-11051-1_210.
30. Tomoyuki I. The modeling and analysis for the natural frequency adjustments of vehicle manipulator for the ITER Blanket Remote Handling System. *Fusion Engineering and Design*. 2023;192:113802. DOI: 10.1016/j.fusengdes.2023.113802.
31. Zhang S., Xie B., Wen C. et al. Intelligent ballast control system with active load-transfer for electric tractors. *Biosystems Engineering*. 2022;215:143-155. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2022.01.008.

Информация об авторах

С.Е. Сенькевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Наземные транспортные средства» ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет», s.e.senkevich@mospolytech.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6354-7220>; eLibrary SPIN: 7766-6626.

З.А. Годжаев – доктор технических наук, член-корреспондент РАН, профессор, председатель экспертного совета, Государственный научный центр Российской Федерации ФГУП «Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт «НАМИ» (ФГУП «НАМИ»), fic51@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1665-3730>; eLibrary SPIN: 1892-8405.

Е.Н. Ильченко – инженер отдела инновационных сельскохозяйственных машин на альтернативных источниках энергии ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», il4enkocat@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-3901-5706>; eLibrary SPIN: 5672-1313.

И.С. Алексеев – инженер отдела инновационных сельскохозяйственных машин на альтернативных источниках энергии ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», dreeddog@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5169-895X>; eLibrary SPIN: 9832-7848.

Information about the authors

S.E. Senkevich, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Ground Transport Vehicles, Moscow Polytechnic University, s.e.senkevich@mospolytech.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6354-7220>; eLibrary SPIN: 7766-6626.

Z.A. Godzhavev, Doctor of Engineering Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor, Chairman of the Expert Council, State Research Center of the Russian Federation "Central Scientific Research Automobile and Automotive Engines Institute NAMI", fic51@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1665-3730>; eLibrary SPIN: 1892-8405.

E.N. Ilchenko, Engineer, the Department of Innovative Agricultural Machinery Powered by Alternatives, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, il4enkocat@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-3901-5706>; eLibrary SPIN: 5672-1313.

I.S. Alekseev, Engineer, the Department of Innovative Agricultural Machinery Powered by Alternatives, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, dreeddog@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5169-895X>; eLibrary SPIN: 9832-7848.

Статья поступила в редакцию 10.08.2025; одобрена после рецензирования 25.12.2025; принята к публикации 15.01.2026.

The article was submitted 10.08.2025; approved after reviewing 25.12.2025; accepted for publication 15.01.2026.

© Сенькевич С.Е., Годжаев З.А., Ильченко Е.Н., Алексеев И.С., 2026

4.3.1. ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 630.332

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2026_1_124

EDN: CJLTCX

Современные технологии и технические средства сгребания и сбора порубочных остатков при восстановлении полезащитных лесополос

Алексей Александрович Платонов^{1✉}, Максим Александрович Гнусов²

^{1, 2} Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
Воронеж, Россия

¹ paa5@rambler.ru✉

Аннотация. Полезащитные лесные насаждения (лесополосы), представляющие собой искусственно сформированные участки леса большой протяженности и сравнительно небольшой ширины, охраняют пахотные земли и сельскохозяйственные растения от ряда неблагоприятных климатических факторов, способствуя получению дополнительной сельскохозяйственной продукции. Учитывая, что возраст большинства полезащитных лесных полос в России в настоящее время достигает 55–70 лет, для сохранения их положительного влияния на агроландшафты необходимо проводить своевременные мероприятия по восстановлению и уходу за ними. Агротехнические мероприятия в защитных лесополосах заключаются в целенаправленном воздействии на сорную нежелательную древесно-кустарниковую растительность, в том числе на ее порубочные остатки. Цель исследования – поиск путей повышения эффективности работы технических средств сгребания и сбора порубочных остатков при восстановлении полезащитных лесополос. Выполнен анализ наиболее распространенных применяемых технологических процессов по воздействию на нежелательную растительность в зонах полезащитных лесополос, показаны их недостатки. Для повышения эффективности и качества выполнения работ в полезащитных лесополосах предложена технология воздействия на нежелательную растительность, предусматривающая сгребание порубочных остатков граблями. Показано, что коэффициент непроницаемости граблей определяется как отношение количества экземпляров порубочных остатков, сгребленных (собранных) с определенной площади (m^2), к количеству всех экземпляров порубочных остатков, находившихся на указанной площади до начала их сгребания (сбора), с учетом плотности (шт./ m^2) скапливания порубочных остатков. Определено, что при наиболее вероятном интервале между двумя соседними зубьями отечественных граблей около 500 мм коэффициент их непроницаемости (при длине порубочных остатков 650–1250 мм) варьирует в диапазоне 82–91%. Предложена усовершенствованная формула для определения производительности ($m^3/ч$) работы граблей по сбору порубочных остатков.

Ключевые слова: полезащитные лесные полосы, эффективность, восстановление, уход, нежелательная древесно-кустарниковая растительность (НДКР), порубочные остатки, грабли, сгребание, непроницаемость

Финансирование: статья подготовлена по результатам исследования, поддержанного Российским научным фондом, номер проекта 25-19-00876, <https://rscf.ru/project/25-19-00876>.

Для цитирования: Платонов А.А., Гнусов М.А. Современные технологии и технические средства сгребания и сбора порубочных остатков при восстановлении полезащитных лесополос // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, № 1(88). С. 124–133. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_124-133.

4.3.1. TECHNOLOGIES, MACHINERY AND EQUIPMENT FOR AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX (ENGINEERING SCIENCES)

Original article

Modern technologies and technical means for raking and collecting logging residues during field-protective forest belts restoration

Aleksey A. Platonov^{1✉}, Maksim A. Gnusov²

^{1, 2} Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

¹ paa5@rambler.ru✉

Abstract. Field-protective forest plantings (forest belts), which are artificially formed forest areas of great length and relatively small width, protect arable land and agricultural plants from a number of unfavorable climatic

factors, contributing to the production of additional agricultural products. Considering that the age of the most forest belts currently reaches 55-70 years, timely restoration and care measures must be carried out to preserve their positive impact on agricultural landscapes. Agrotechnical measures in field-protective forest belts consist in a targeted effect on weedy undesirable tree and shrubby vegetation, including its logging residues. The purpose of the study was to increase the efficiency of technical means for raking and collecting logging residues during the restoration of protective forest belts. The analysis of the most common applied technological processes for the impacts on undesirable vegetation in protective forest belts is performed, their disadvantages are shown. To improve the efficiency and quality of work in forest belts, a technology for influencing undesirable vegetation has been proposed, which involves raking logging residues. It is shown that the rake impenetrability coefficient is defined as the ratio of the number of specimens of logging residues raked (collected) from a certain area to the number of all specimens of logging residues located on the specified area before their raking (collection), taking into account the density (pcs/m^2) of accumulation of logging residues. It was determined that with the most probable interval between two adjacent teeth of the specified rakes of about 500 mm, their impenetrability coefficient (with a length of 650-1250 mm cutting remains) varies in the range of 82-91%. An improved formula has been proposed for determining the productivity (m^3/h) of rakes for collecting logging residues.

Keywords: field-protective forest belts, efficiency, restoration, tending of plantations, undesirable tree and shrubby vegetation, logging residues, rakes, raking, impenetrability

Funding: the paper was prepared based on the results of research supported by the Russian Science Foundation, Project No. 25-19-00876, <https://rscf.ru/project/25-19-00876>.

For citation: Platonov A.A., Gnusov M.A. Modern technologies and technical means for raking and collecting logging residues during field-protective forest belts restoration. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(1):124-133. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_124-133.

Введение
Полеззащитные лесные насаждения (лесополосы) представляют собой искусственно сформированные участки леса большой протяженности и сравнительно небольшой ширины, создаваемые в различных географических зонах (преимущественно на равнинных территориях и плоских водоразделах, а также на орошаемых и неорошаемых землях) для защиты пахотных земель и сельскохозяйственных растений от неблагоприятных климатических факторов (в частности, засух, суховея, пыльных бурь).

Лесные полосы играют ключевую роль в многоаспектном воздействии на агроландшафты, способствуя стабилизации агроэкологической среды и формированию новых, устойчивых агролесомелиоративных систем. В этом контексте полеззащитное лесоразведение следует рассматривать как неотъемлемую составляющую государственной стратегии Российской Федерации, предусматривающей противодействие эрозии почв и другим деградационным процессам (включая опустынивание земель), реализация положений которой имеет прямое отношение к обеспечению как экологической, так и продовольственной безопасности страны. В настоящее время эксперты межрегиональной экологической организации «Эка» выступили с инициативой признать климатическими проектами создание новых и восстановление уже существующих защитных лесных полос, высказывая мнение, что это поможет адаптировать посевы к изменению климата, проявляющемуся в виде перепадов температур, усиления ветровой нагрузки и др.

Основной период создания полеззащитных лесных полос в России пришелся на 40-е гг. прошлого столетия, в то время они были призваны защитить посевы сельскохозяйственных культур от засухи, а людей – от голода. Также высаживались лесополосы местного значения по периметру отдельных полей, по склонам оврагов, вдоль уже существующих и вновь создаваемых водоемов. Лесополосы преобразили общий вид сельскохозяйственной территории страны. По данным государственного лесного реестра, в России по состоянию на начало 2025 г. насчитывалось порядка 288 млн га защитных лесов. Сведения о распределении площадей под государственными защитными лесными полосами России (Сгзлн), а также полеззащитными лесными полосами (Слзп) некоторых областей центральной части страны приведены на рис. 1, а, б [5, 12].



Рис. 1. Распределение площадей под защитными лесными полосами выборочно по областям России:
а – под государственными защитными лесными полосами;
б – под полезащитными лесными полосами

Современное состояние защитных лесонасаждений нельзя назвать удовлетворительным, они нередко загрязнены бытовыми и промышленными отходами, повреждены пожарами, самовольными вырубками, болезнями и вредителями. В них прогрессируют процессы задернения почвы, изреживания верхнего яруса и внутренних рядов древостоев. Возраст большинства лесных полос достигает 55–70 лет, при этом лесные полосы агролесомелиоративного назначения, как правило, состоят из 3–4 рядов деревьев с расстоянием между рядами 2,5–4 м, в ряду между растениями – 1–3 м. Продольные лесные полосы обычно располагают поперек направления наиболее вредоносных ветров на эрозионно опасных участках, поперечные – перпендикулярно продольным лесным полосам.

Создание и поддержание в нормативном порядке полезащитных лесных полос позволяют обеспечить увеличение средней урожайности зерновых культур на 18–23%, технических – на 20–26, кормовых – на 29–41% [4]. При правильном размещении лесных полос и защитной лесистости полей севооборотов (1,5–3,0%) смыв и выдув почвы снижаются до допустимых пределов, а при 4–8% водная и ветровая эрозия, формирование пыльных бурь полностью блокируются [4, 10]. В зоне защитного действия лесополос значительно уменьшаются потери органоминеральных частиц почвы в результате снижения разрушительного действия ветра и воды [11].

По сведениям целого ряда ученых, например [9, 13], для сохранения положительного влияния лесных полос на защищенность агроландшафтов необходимо проводить своевременные мероприятия по уходу за ними. Многие лесополосы нуждаются в лесохозяйственном уходе и улучшении санитарного состояния в связи со старением древостоя и рядом неблагоприятных факторов их произрастания, практически половина требует капитальной реконструкции (рис. 2, а, б).

Агротехнические мероприятия, проводимые в защитных лесополосах (уходные работы и санитарные рубки), призванные оптимизировать условия для роста и развития сельскохозяйственных культур, включают в себя целенаправленное воздействие на сорную нежелательную древесно-кустарниковую растительность (НДКР), размножающуюся корневыми отпрысками, пневой порослью и семенами [8]. Воздействие на указанную растительность как ручными, так и механизированными средствами (кусто-резами) приводит к формированию большого количества так называемых порубочных остатков (ПО).



а



б

Рис. 2. Полезащитные лесные полосы: а – наличие сухостойных деревьев; б – заросшая полезащитная лесополоса

Порубочные остатки представляют собой отходы хозяйственной деятельности, включая ветки, кору, сучья, мелкие и крупные обломки деревьев, а также их обрезки, которые остаются на месте после срезания или корчевания растительности, захламляя прилегающие к полезащитным полосам сельскохозяйственные угодья. Кроме того, к порубочным остаткам могут относиться и целенаправленно удаляемые деревья и кустарники с корневыми системами, в том числе небольших размеров.

Применение технических средств для сбора и сгребания порубочных остатков (граблей), агрегируемых с трактором или многофункциональной машиной при уходе за полезащитными лесополосами, представляет собой важный и актуальный аспект современного агролесомелиоративного комплекса. Указанные технические средства обеспечивают качественную уборку древесных порубочных остатков, образующихся после проведения санитарных, прореживающих и формирующих мероприятий в полезащитных лесополосах. Особенно это актуально при больших объемах работ, когда ручной труд становится экономически невыгодным.

Эффективная уборка позволяет поддерживать защитные функции ползащитных лесополос в рабочем состоянии, способствуя сохранению микроклимата в прилегающих сельскохозяйственных угодьях и предотвращая эрозионные процессы. Так как вышеописанные грабли обладают мобильностью и спроектированы для выполнения работ на ограниченных пространствах, они подходят даже для узких и извилистых участков лесополос, где использование другой техники затруднено. Отметим, однако, что актуальные практики многих хозяйствующих субъектов, занимающихся расчисткой ползащитных лесонасаждений, зачастую не предусматривают наличие специализированного оборудования (граблей), что снижает общую эффективность технологического процесса вследствие применения только ручного сбора порубочных остатков.

В ходе проведенного анализа актуальных (отечественных и зарубежных) научных публикаций было выявлено отсутствие исследований, которые бы оценивали как по отдельности, так и в совокупности критерии совершенствования технических средств для сгребания или сбора порубочных остатков (граблей). Научные статьи, посвященные вопросам очистки территорий от нежелательной растительности (в том числе при уходе за ползащитными лесополосами), зачастую характеризуются лишь описанием технико-экономических характеристик отдельных машин и механизмов [3, 15], в том числе применительно к конкретной технологии использования устройств сгребания и сбора срезанной (вырубленной, вырванной или выкорчеванной) нежелательной растительности [2, 16].

В ряде научных исследований проводится анализ корреляционной зависимости между объемом финансовых затрат на утилизацию порубочных остатков методом сгребания и показателями эффективности данной технологической операции [19, 21], в том числе по различным территориям [14, 20], включая ползащитные лесные насаждения. Лишь некоторые исследователи [17, 18] выделяют необходимость определения и дальнейшего учета объема собираемой (сгребаемой) биомассы, при этом выполненный авторами обзор выявил отсутствие исследований, оценивающих такой ключевой момент достижения оптимальной производительности рассматриваемых технических средств, как определение (в том числе моделирование) параметра их непроницаемости сгребаемыми (собираемыми) порубочными остатками, что является, несомненно, важным при проведении восстановительных мероприятий в ползащитных лесополосах.

Цель исследования заключалась в поиске путей повышения эффективности применяемых технических средств сгребания и сбора порубочных остатков при восстановлении и уходе за ползащитными лесополосами.

Методика исследования

В соответствии с утвержденной программой исследования необходимо было:

- выявить недостатки существующих технологий сгребания и сбора срезанной (выкорчеванной, вырванной) нежелательной растительности с территорий ползащитных лесополос;
- воспроизвести геометрическую конфигурацию граблей при их взаимодействии с порубочными остатками;
- учесть физические и механические свойства растительности, а также особенности процесса движения граблей.

Объект исследования представлял собой грабли, характеризуемые определенным количеством Z зубьев ($3 \leq Z \leq 40$).

Предметом исследования являлась модель воздействия граблей на порубочные остатки.

Для достижения поставленной цели использовался метод математического моделирования, а именно кинематический (для учета траектории движения зубьев граблей).

Результаты и их обсуждение

Формирование порубочных остатков при срезании (выкорчевывании, вырывании) нежелательной растительности происходит в результате применения того или иного технологического процесса (ТП) воздействия на НДКР.

В ходе ранее выполненного исследования применяемых технологических процессов (общим количеством более 50 [7]) выявлено, что в настоящее время при удалении нежелательной древесно-кустарниковой растительности по различным территориям технологическая операция сгребания или сбора порубочных остатков выполняется преимущественно ручным способом с привлечением большого количества работников. Низкая производительность и эффективность труда (один человек может собрать всего 1–2 м³/час, в зависимости от условий на месте остается до 20–30% собираемых порубочных остатков), что намного медленнее механизированных методов (например, грабли российского и белорусского производства собирают до 30 м³/час).

Антиподом ручному сбору порубочных остатков является их сбор или сгребание специализированными техническими средствами (граблями), применение которых распространено недостаточно широко. Наиболее типичные технологические процессы предусматривают ручное срезание или вырубание НДКР с дальнейшим сбором вручную порубочных остатков и их сжиганием; ручное срезание НДКР с дальнейшей корчевкой вручную пней, сбором вручную порубочных остатков и их измельчением (дроблением) на щепу; применение мульчирования; ручное срезание или вырубание НДКР с дальнейшим сбором вручную порубочных остатков и их вывозом. Кроме того, в силу незнания современных (в том числе мировых) тенденций развития технологий удаления нежелательной растительности организаторы работ по удалению НДКР иногда применяют старый, неэффективный (в современных условиях) и неэкологичный способ срезания нежелательной растительности бульдозером, снабженным пассивным рабочим органом, в результате чего происходит попутное вдавливание порубочных остатков в почву. Как следствие, рассмотренные технологические процессы не способствуют эффективному удалению порубочных остатков из зоны работ при восстановлении полезащитных лесополос.

Для повышения эффективности и качества выполнения работ по сгребанию и сбору порубочных остатков с целью уменьшения (до 30–50%) и вплоть до полного исключения доли ручного труда разработана технология воздействия на НДКР в полезащитных лесополосах, предусматривающая механизированное срезание нежелательной растительности кусторезами (агрегатированных с тракторами) с дальнейшим механизированным сгребанием порубочных остатков, их переработкой на щепу и вывозом.

Ключевым элементом указанной технологии является применение специализированных технических средств для сгребания и сбора порубочных остатков (граблей), которые могут быть агрегатированы как с традиционными тракторами, так и с различными multifunctional машинами (экскаваторами).

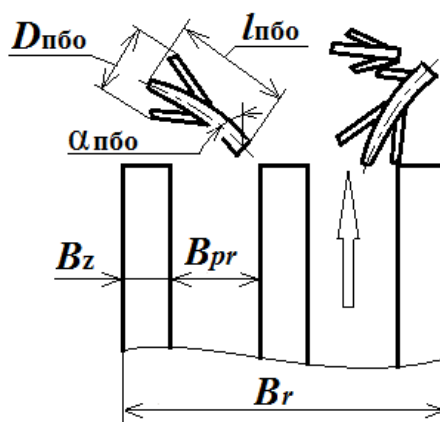


Рис. 3. Схема взаимодействия ветвей и сучьев порубочных остатков с зубьями граблей:
 $D_{пбо}$ – наибольший диаметр, описываемый концами сучьев порубочных остатков, м;
 $l_{пбо}$ – длина порубочных остатков, м; $\alpha_{пбо}$ – текущий угол поворота экземпляра ПО, град.;
 B_z – ширина одного зуба граблей, м; $B_{пр}$ – расстояние между соседними зубьями граблей, м;
 Z – количество зубьев граблей, шт.

Требующие сгребания вдоль полезащитных лесополос порубочные остатки представляют собой преимущественно срезанную разновозрастную древесно-кустарниковую растительность в виде неразделенных стволов (различной длины и диаметра) с сучьями, ветками и листвой [6], а также элементы такой растительности в виде отдельных вершин, сучьев, ветвей, стволов, пней, корневых систем. Размеры (фракционность) порубочных остатков изменяются в достаточно широких пределах. Так, срезаемые с отделением от корневой системы высокорослые деревья и кустарники нередко разделяются на отдельные части длиной 1,5–2 м с оставлением на них ветвей и листьев, а впоследствии сгребаются. Нежелательные мелколесье, подлесок и поросль, также срезаемые отделением от корневой системы, на отдельные части не разделяются, а сгребаются в состоянии «как есть», при этом их длина варьирует преимущественно в диапазоне 0,7–1,5 м. В то же время щепы, представляющая собой древесные элементы с преимущественными размерами фракций от 5 до 70 мм (длина) и до 30 мм (толщина), образуется путем преобразования собранных (сграбленных) порубочных остатков в рубильных (измельчающих) машинах и подлежит вывозу с территории полезащитных лесополос.

С уменьшением размера $l_{пбо}$ порубочных остатков возрастает вероятность их неполного сгребания ввиду увеличивающейся возможности проникновения между двумя соседними зубьями рассматриваемых технических средств.

Эффективность сгребания порубочных остатков будет наибольшей, если каждый экземпляр срезанной (вырубленной и др.) растительности своим наибольшим размером $l_{пбо}$ будет перекрывать расстояние между двумя соседними зубьями $B_{пр}$ граблей, а следовательно, должно обеспечиваться следующее минимальное граничное условие:

$$B_{пр} = (Br - Z \cdot Bz) / (Z - 1) \leq l_{пбо},$$

где Br – ширина граблей, м;

Z – количество зубьев граблей.

При соблюдении указанного условия из отдельных экземпляров порубочных остатков будет формироваться некоторый объем, динамически увеличивающийся в процессе работы трактора (многофункциональной машины).

При несоблюдении указанного условия возможно проникновение экземпляра порубочных остатков между двумя соседними зубьями граблей. Указанное проникновение априори становится еще более вероятным в случае отсутствия у большинства элементов, составляющих основную массу порубочных остатков, узлов разветвления, которыми указанные элементы могут, взаимодействуя с зубьями или друг с другом, образовывать постоянные или временные связи, обеспечивающие их совместное увлечение в направлении движения транспортного средства.

С учетом вышеизложенного оценить эффективность работы технических средств для сгребания и сбора порубочных остатков на этапах их опытно-производственной и промышленной эксплуатации можно, применив коэффициент непроницаемости граблей U_r как отношение количества экземпляров $N_{пбо}$ порубочных остатков, собранных с определенной площади S (м²), к количеству всех экземпляров $\sum N_{пбо}$ порубочных остатков, находившихся на указанной площади до начала сграбливания (сбора), с учетом плотности их скапливания $Q_{пбо}$ (шт./м²):

$$U_r = N_{пбо} / \sum N_{пбо} = N_{пбо} / (Q_{пбо} \cdot S).$$

Результаты имитационного моделирования коэффициента непроницаемости U_r граблей позволили установить (рис. 4), что для выявленных репрезентативных значений параметров граблей российского и белорусского производства (ломаный профиль зубьев, ширина захвата – $Br = 2390$ мм, ширина зубьев – $Bz = 80$ мм, количество зубьев – $Z = 5$ или варьируемое $Z = 4–20$) при наиболее вероятном интервале между двумя соседними зубьями $B_{пр} = 500$ мм коэффициент непроницаемости варьирует в диапазоне

$Ur = 0,82–0,91$. В области малых значений количества зубьев ($Z = 4–5$) непроницаемость граблей весьма различается ($Ur = 68–87\%$) в зависимости от длины $l_{пбо}$ порубочных остатков. С увеличением густоты граблей (при количестве зубьев $Z \geq 14$) непроницаемость граблей с изменением длины порубочных остатков различается незначительно ($Ur = 95–98\%$).

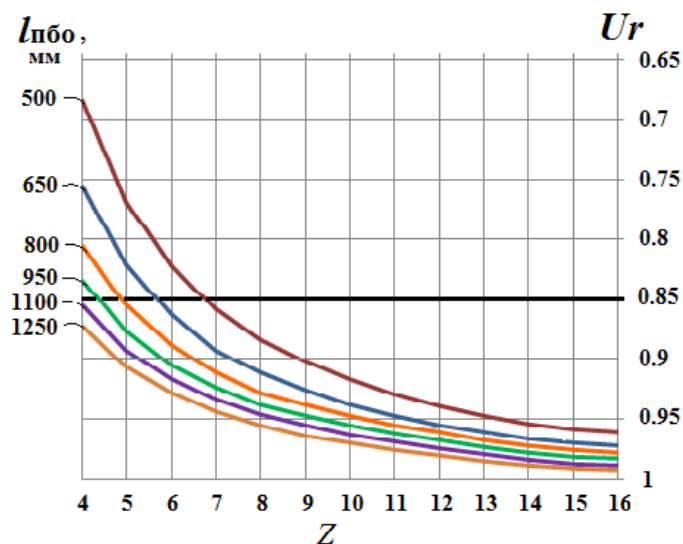


Рис. 4. Зависимости коэффициента непроницаемости Ur граблей от количества зубьев Z граблей и длины $l_{пбо}$ порубочных остатков

Полученные результаты исследования целесообразно использовать при определении производительности Wr ($\text{м}^3/\text{ч}$) работы граблей по формированию ими объемов порубочных остатков, используемых при восстановлении поlezащитных лесополос.

Для расчета предлагается применять формулу А.А. Платонова как усовершенствованную по сравнению с [1] посредством введения в нее величины Ur , а именно:

$$Wr = 3600 \cdot Vr \cdot Ur \cdot kn \cdot kv / tц,$$

где Vr – формируемый граблями объем порубочных остатков, м^3 ;

Ur – коэффициент непроницаемости граблей;

kn – коэффициент краинных потерь порубочных остатков граблями ($kn = 0,9–1$);

kv – коэффициент использования базового транспортного средства по времени ($kv = 0,8–0,9$);

$tц$ – время цикла работы сбора (сгребания) порубочных остатков.

Заключение

Выявлено, что для поддержания в нормативном порядке защищенности пахотных земель и сельскохозяйственных растений от неблагоприятных климатических факторов необходимо проведение санитарных, прореживающих и формирующих мероприятий в поlezащитных лесополосах.

Показано, что использование в поlezащитных лесополосах технологии, предусматривающей применение специализированных технических средств сгребания и сбора порубочных остатков (граблей), способствует уменьшению (до 30–50%, вплоть до полного исключения) доли ручного труда, повышению производительности и качества очистки поlezащитных лесополос от нежелательной растительности.

Установлено, что для оценки эффективности работы граблей целесообразно использовать коэффициент их непроницаемости, определяемый как отношение количества экземпляров порубочных остатков, сграбленных (собранных) с определенной площади (м^2), к количеству всех экземпляров порубочных остатков, находившихся на указанной площади до начала сграбливания (сбора), с учетом плотности (шт./м^2) их скапливания.

Для распространенных в отечественном машиностроении граблей с ломаным профилем зубьев при наиболее вероятном интервале между двумя соседними зубьями около 500 мм коэффициент их непроницаемости варьирует в диапазоне 0,82–0,91.

Для определения производительности работы граблей предложена усовершенствованная формула, включающая в себя коэффициент непроницаемости указанных технических средств.

Список источников

1. Винокуров В.Н., Силаев Г.В., Золотаревский А.А. Машины и механизмы лесного хозяйства и садово-паркового строительства. Москва: Академия, 2004. 400 с.
2. Григорьев И.В., Куницкая О.А., Рудов С.Е. и др. Технология и система машин для разубки трасс линейных объектов // Энергия: экономика, техника, экология. 2019. № 10. С. 62–68. DOI: 10.7868/S0233361919100082.
3. Ивашев М.В. Научные основы совершенствования машин для удаления древесно-кустарниковой растительности при непрерывном движении базового трактора: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.21.01. Петрозаводск: 2019. 36 с.
4. Кулик К.Н., Манаенков А.С., Раков А.Ю. и др. Полезащитное лесоразведение: значение, состояние, пути выхода из кризиса // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2012. № 1. С. 24–27.
5. Михин В.И. Полезащитное лесоразведение Центрального Черноземья // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 79. С. 378–391.
6. Мохирев А.П., Медведев С.О., Зырянов М.А. Эффективное освоение древесных ресурсов лесного региона: оценка, заготовка, переработка: монография. Красноярск: Амальгама, 2019. 240 с.
7. Платонов А.А. Технологические процессы удаления нежелательной растительности различными средствами механизации // Resources and Technology. 2017. Т. 14, № 2. С. 33–48. DOI: 10.15393/j2.art. 2017.3761.
8. Попов А.В., Вавин В.С. Агротехнические уходы в полезащитной лесной полосе // Научный альманах. 2016. № 10-2(24). С. 249–252. DOI:10.17117/na.2016.10.02.249.
9. Примаков Н.В. Влияние полезащитных лесных полос на состояние агроландшафтов // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 2(89). С. 89–95. DOI: 10.51318/FRET.2024.89.2.010.
10. Сунгатуллин З.Р., Хисамутдинова А.Н., Тимерьянов А.Ш. Влияние полезащитных полос на снегозадержание и урожайность сельскохозяйственных культур // Вестник науки. 2024. Т. 1, № 4(73). С. 643–651.
11. Троц В.Б. Агроэкологическое влияние полезащитных лесных полос // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 4(60). С. 189–192.
12. Турчин Т.Я., Мартынюк А.А., Чеплянский И.Я. Состояние государственных защитных лесных полос юго-востока европейской части России и повышение их устойчивости: монография. Пушкино: ВНИИЛМ, 2025. 192 с.
13. Щербаков А.С., Богомазов С.В., Солодков Н.Н. и др. Экономический эффект мелиоративного влияния полезащитных лесных полос // Нива Поволжья. 2024. № 4(72). 40002. DOI: 10.36461/NP.2024.72.4.026.
14. Fernandez-Lacruz R., Edlund M., Bergström D. et al. Productivity and profitability of harvesting overgrown roadside verges – a Swedish case study // International Journal of Forest Engineering. 2021. Vol. 32(1). Pp. 19–28. DOI: 10.1080/14942119.2020.1822664.
15. Gerasimov Y., Senko S., Karjalainen T. Prospects of Forest Road Infrastructure Development in Northwest Russia with Proven Nordic Solutions // Scandinavian Journal of Forest Research. 2013. Vol. 28(8). Pp. 758–774. DOI: 10.1080/02827581.2013.838299.
16. Karpachev S.P., Zaprudnov V.I., Bykovskiy M.A. et al. Simulation studies on line intersect sampling of residues left after cut-to-length logging // Croatian Journal of Forest Engineering. 2020. Vol. 41(1). Pp. 95–107. DOI: 10.5552/crojfe.2020.531.
17. Laitila J., Väättä K. Productivity and cost of harvesting overgrowth brushwood from roadsides and field edges // International Journal of Forest Engineering. 2021. Vol. 32(2). Pp. 1–15. DOI: 10.1080/14942119. 2021.1903790.
18. Laitila J., Väättä K. Productivity of harvesting and clearing of brushwood alongside forest roads // Silva Fennica. 2020. Vol. 54(5). Pp. 21–34. DOI: 10.14214/sf.10379.
19. Louis L.T., Kizha A.R., Daigneault A. et al. Factors Affecting Operational Cost and Productivity of Ground-Based Timber Harvesting Machines: a Meta-analysis // Current Forestry Reports. 2022. Vol. 8. Pp. 38–54. DOI: 10.1007/s40725-021-00156-5.
20. Nilsson D., Grönlund O. Productivity and cost of harvesting roadside brushwood and small trees in Sweden: a simulation study // International Journal of Forest Engineering. 2024. Vol. 35(3). Pp. 456–469. DOI: 10.1080/14942119.2024.2336686.
21. Yoshimura T., Suzuki Y., Sato N. Application of System Dynamics Simulation to Assess System Productivity of Forest Harvesting Systems: A Case Study from Japan // Forests. 2025. Vol. 16(5). Article No. 734. DOI: 10.3390/f16050734.

References

1. Vinokurov V.N., Silaev G.V., Zolotarevsky A.A. Machines and mechanisms of forestry and gardening construction. Moscow: Academiya Publishers; 2004. 400 p. (In Russ.).
2. Grigoriev I.V., Kunitskaya O.A., Rudov S.E. et al. Technology and system of machines for cutting the routes of linear objects. *Energy: Economics, Engineering, Ecology*. 2019;10:62-68. DOI: 10.7868/S0233361919100082. (In Russ.).

3. Ivashnev M.V. Scientific foundations for improving machinery for removing trees and shrubs under continuous tractor motion: Author's Abstract of Doctoral Dissertation in Engineering Sciences: 05.21.01. Petrozavodsk; 2019. 36 p. (In Russ.).
4. Kulik K.N., Manaenkov A.S., Rakov A.Yu. et al. Field-protecting forestation: significance, state of the art, ways for recovery from crisis. *Vestnik of the Russian Academy of Agricultural Sciences*. 2012;1:24-27. (In Russ.).
5. Mikhin V.I. Field-protective afforestation of the Central Chernozem Region. *Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University*. 2012;79:378-391. (In Russ.).
6. Mokhirev A.P., Medvedev S.O., Zyryanov M.A. Efficient development of wood resources in the forest region: assessment, harvesting, processing: monograph. Krasnoyarsk: Amalgama Publishers; 2019. 240 p. (In Russ.).
7. Platonov A.A. The technological processes to remove uncontrolled vegetation by various means of mechanization. *Resources and Technology*. 2017;14(2):33-48. DOI: 10.15393/j2.art.2017.3761. (In Russ.).
8. Popov A.V., Vavin V.S. Cultural care in the forest shelter belts. *Science Almanac*. 2016;10-2(24):249-252. DOI: 10.17117/na.2016.10.02.249. (In Russ.).
9. Primakov N.V. Influence of forest shelter belts on the condition of agrolandscapes. *Forests of Russia and Economy in them*. 2024;2(89):89-95. DOI: 10.51318/FRET.2024.89.2.010. (In Russ.).
10. Sungatullin Z.R., Khisamutdinova A.N., Timeryanov A.Sh. Effect of protective strips on snow retention and crop yields. *Science Bulletin*. 2024;4(73):643-651. (In Russ.).
11. Trots V.B. Agroecological impact of field-protective afforestation belts. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2016;4(60):189-192. (In Russ.).
12. Turchin T.Ya., Martyniuk A.A., Cheplyansky I.Ya. State shelterbelts condition in south-east european Russia and its resistance build-up: monograph. Pushkino: All-Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry (VNIILM) Publishers; 2025. 192 p. (In Russ.).
13. Shcherbakov A.S., Bogomazov S.V., Solodkov N.N. et al. Economic effect of the reclamative impact of field protection forest belts. *Niva Povolzhya*. 2024;4(72):40002. DOI: 10.36461/NP.2024.72.4.026. (In Russ.).
14. Fernandez-Lacruz R., Edlund M., Bergström D. et al. Productivity and profitability of harvesting overgrown roadside verges – a Swedish case study. *International Journal of Forest Engineering*. 2021;32(1):19-28. DOI: 10.1080/14942119.2020.1822664.
15. Gerasimov Y., Senko S., Karjalainen T. Prospects of Forest Road Infrastructure Development in Northwest Russia with Proven Nordic Solutions. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 2013;28(8):758-774. DOI: 10.1080/02827581.2013.838299.
16. Karpachev S.P., Zaprudnov V.I., Bykovskiy M.A. et al. Simulation studies on line intersect sampling of residues left after cut-to-length logging. *Croatian Journal of Forest Engineering*. 2020;41(1):95-107. DOI: 10.5552/crojfe.2020.531.
17. Laitila J., Väättäin K. Productivity and cost of harvesting overgrowth brushwood from roadsides and field edges. *International Journal of Forest Engineering*. 2021;32(2):1-15. DOI: 10.1080/14942119.2021.1903790.
18. Laitila J., Väättäin K. Productivity of harvesting and clearing of brushwood alongside forest roads. *Silva Fennica*. 2020;54(5):21. DOI: 10.14214/sf.10379.
19. Louis L.T., Kizha A.R., Daigneault A. et al. Factors Affecting Operational Cost and Productivity of Ground-Based Timber Harvesting Machines: a Meta-analysis. *Current Forestry Reports*. 2022;8:38-54. DOI: 10.1007/s40725-021-00156-5.
20. Nilsson D., Grönlund O. Productivity and cost of harvesting roadside brushwood and small trees in Sweden: a simulation study. *International Journal of Forest Engineering*. 2024;35(3):456-469. DOI: 10.1080/14942119.2024.2336686.
21. Yoshimura T., Suzuki Y., Sato N. Application of System Dynamics Simulation to Assess System Productivity of Forest Harvesting Systems: A Case Study from Japan. *Forests*. 2025;16(5):734. DOI: 10.3390/f16050734.

Информация об авторах

А.А. Платонов – кандидат технических наук, доцент кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», paa5@rambler.ru.

М.А. Гнусов – доктор технических наук, доцент, руководитель лаборатории лесного машиностроения Инжинирингового центра ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», mgusov@yandex.ru.

Information about the authors

A.A. Platonov, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Forestry Mechanization and Machine Design, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, paa5@rambler.ru.

M.A. Gnusov, Doctor of Engineering Sciences, Docent, Head of the Forest Engineering Laboratory at the Engineering Center, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, mgusov@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 12.11.2025; одобрена после рецензирования 26.12.2025; принята к публикации 15.01.2026.

The article was submitted 12.11.2025; approved after reviewing 26.12.2025; accepted for publication 15.01.2026.

© Платонов А.А., Гнусов М.А., 2026

5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА (ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 332.1: 338.49

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2026_1_134

EDN: DLVGBH

Инфраструктурное обеспечение сельских территорий в контексте их пространственного развития: проблемы и пути решения

Даниил Сергеевич Каруна¹, Ирина Николаевна Меренкова^{2✉}

¹ Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия

² Научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-Черноземного района – филиал ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр имени В.В. Докучаева», Воронеж, Россия

² upr-nii@yandex.ru✉

Аннотация. В современных условиях вопросы пространственного развития сельских территорий приобретают особое значение ввиду высокой степени их восприимчивости к изменениям, обусловленным сложными взаимодействиями между пространственной организацией, системой расселения и инфраструктурным обеспечением сельской местности. Исходя из понимания пространственных, демографических и социально-экономических особенностей развития сельских территорий и расселения, целью настоящего исследования стало выявление проблем и изменений в инфраструктурном обеспечении сельских территорий, обусловленных их отраслевой и территориальной организацией. В качестве объекта исследования выбраны сельские территории муниципальных районов Воронежской области, оценка инфраструктурного обеспечения которых осуществлялась в разрезе таких блоков, как «Расселение», «Пространственная организация» и «Инфраструктурная обустроенность». Полученные результаты свидетельствуют о неоднородности муниципальных образований по социальным, пространственным, демографическим характеристикам, а также о сложившихся диспропорциях в размещении объектов социальной инфраструктуры. Из всех районов только в Новоусманском, Лискинском, Россошанском и Семилукском наблюдается оптимальное инфраструктурное обеспечение, которому в немалой степени способствовало соответствие расселения селян ареалам их жизнедеятельности. Для решения выявленных проблем необходимы разработка и законодательное закрепление социальных стандартов и нормативов по инфраструктурному обеспечению, а также мер по снижению рисков недофинансирования, что возможно при согласованном участии государства, бизнеса и населения в действиях, направленных на активизацию экономической деятельности, оптимизацию расселения и улучшение жилищных условий, развитие социальной инфраструктуры, создание многофункциональных сельских центров, обновление инфраструктуры для туризма и отдыха, обеспечение экологической безопасности, поддержку местного самоуправления.

Ключевые слова: социальная инфраструктура, сельские территории, расселение, пространственная организация, инфраструктурная обустроенность

Для цитирования: Каруна Д.С., Меренкова И.Н. Инфраструктурное обеспечение сельских территорий в контексте их пространственного развития: проблемы и пути решения // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, № 1(88). С. 134–143. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_134–143.

5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS (ECONOMIC SCIENCES)

Original article

Infrastructural support of rural areas in the context of their spatial development: problems and solutions

Daniil S. Karuna¹, Irina N. Merenkova^{2✉}

¹ Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

² Research Institute of Economics and Organization of Agro-Industrial Complex of the Central Chernozem Region – Branch of Voronezh Federal Agricultural Scientific Centre named after V.V. Dokuchaev, Voronezh, Russia

² upr-nii@yandex.ru✉

Abstract. In modern conditions, the issues of spatial development of rural areas are of particular importance in view of their high degree of susceptibility to changes caused by complex interactions between spatial organization, settlement system and infrastructural provision of rural areas. Based on an understanding of the spatial, demo-

graphic, and socio-economic features of rural development and settlement, the purpose of this study was to identify problems and changes in the infrastructural provision of rural areas caused by their sectoral and territorial organization. Rural territories of municipal districts of Voronezh Oblast were chosen as the object of research, the assessment of infrastructure support for which was carried out in the context of such blocks as Settlement, Spatial organization and Infrastructural development. The results obtained indicate the heterogeneity of municipalities in terms of social, spatial, and demographic characteristics, as well as the prevailing imbalances in the location of social infrastructure facilities. Of all the districts, only Novousmansk, Liskinsky, Rossoshansky and Semiluksky have optimal infrastructural support, which was greatly facilitated by the correspondence of the settlement of villagers to their areas of activity. To solve the identified problems, it is necessary to develop and legislate social standards and regulations for infrastructure provision, as well as measures to reduce the risks of underfunding, which is possible with the coordinated participation of the state, business and the public, aimed at implementing such joint actions as boosting economic activity, optimizing resettlement and improving housing conditions, developing social infrastructure, creating multifunctional rural centers, upgrading infrastructure for tourism and recreation, ensuring environmental safety, support for local self-administration.

Key words: social infrastructure, rural areas, settlement, spatial organization, infrastructural facilities

For citation: Karuna D.S., Merenkova I.N. Infrastructural support of rural areas in the context of their spatial development: problems and solutions. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(1):134-143. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_134-143.

Пространственное развитие сельских территорий во многом определяется их инфраструктурным обеспечением. С одной стороны, инфраструктура оказывает влияние на параметры и эффективность территориальной и отраслевой организации сельских территорий и, как следствие, на качество жизни селян, а с другой – на расселение, демографическую ситуацию, социально-экономическое развитие, то есть процессы, связанные с созданием благоприятных условий для жизнедеятельности населения.

Пространственный подход в качестве основы для сельского развития представляется весьма своевременным, что продиктовано неоднородностью сельских территорий с учетом их пригодности для сельского хозяйства, природно-климатическими различиями в географическом местоположении, плотностью населения, спецификой экономической деятельности и разнообразием условий, обеспечивающих функционирование инфраструктурного подкомплекса. Поэтому неслучайно приоритетами государства выступают стратегии пространственного развития страны, устойчивое развитие сельских территорий и их инфраструктурное обеспечение.

Однако сложившиеся современные условия, в частности финансово-экономический кризис, привели к значительной экономии бюджетных денежных средств и, соответственно, недостаточному финансированию, а также неэффективному управлению развитием сельских территорий, что усилило их территориальное неравенство, повлекшее за собой не только межрегиональные, но и в еще большей степени внутрирегиональные различия [14, 15]. Неоднородность процесса пространственного развития сельских территорий обусловлена влиянием ряда факторов, в числе которых сохранение депопуляционных процессов и демографическое «старение»; длительная урбанизированная миграция; усиление деградации структуры поселенческой сети и ее измельчание; диспропорции в социально-экономических отношениях «центр – периферия» [11, 13].

Наиболее сильно данный процесс проявился в сельской местности, имеющей монопрофильную экономику. Отсутствие благоприятных условий для развития альтернативных видов деятельности на селе, снижение уровня эффективности сельскохозяйственного производства, низкие инвестиционная привлекательность сельских территорий и транспортная доступность необходимых объектов жизнедеятельности привели к миграционному оттоку трудоспособного населения [12].

Наряду с этим происходит «сжатие» сельского пространства и исчезновение перспективных сельских поселений, увеличивается неравномерность в системе расселения – сохраняются перекосы между численностью сельских жителей и вводом объектов социальной инфраструктуры в эксплуатацию, а также несоответствие инфраструк-

турного обустройства природно-ресурсному потенциалу, что приводит к падению престижа сельско-провинциальной жизни. Увеличение количества малых и пустующих сельских населенных пунктов при небольшом росте числа крупных приводит к обезлюдению сел, поляризации пространства. Сельские жители перемещаются преимущественно в крупные сельские поселения, благополучные по совокупности условий проживания, количество которых невелико, поэтому в условиях недостаточной транспортной доступности проявляется низкая связанность поселений.

В то же время наблюдаются серьезные изменения в формировании пространственной инфраструктурной системы на селе. Одновременно с «оптимизацией» сети общеобразовательных школ и ликвидацией ФАПов, больниц, нерентабельных магазинов и различных учреждений культуры, налоговых и других структур происходит ухудшение качества и разрушение дорог, сокращение количества необходимых маршрутов, что также влияет на сжатие сельского пространства, в результате чего изменяется его форма с образованием отдельных ареалов, разобщенных обширными социально-демографическими провалами [4].

Что касается конкретно сельских территорий и их инфраструктурного обеспечения, отметим ряд нормативно-правовых актов, в которых отражены и стимулированы содержательные процессы территориальной организации и изменений, происходящих в сельской местности, позволяющие учесть современные пространственные тенденции и по-новому взглянуть в данном ракурсе на функционирование инфраструктуры в пространственном аспекте.

Так, достижение целей пространственного и устойчивого развития сельских территорий последовательно реализуется согласно Федеральному закону «О стратегическом планировании в Российской Федерации» [10], государственной программе «Комплексное развитие сельских территорий» (утв. распоряжением Правительства РФ от 31.05.2019 № 696) [6], Стратегии устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года (утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 2.02. 2015 № 151-р) [8], ведомственной целевой программе «Современный облик сельских территорий» [5], стратегиям пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 13.02.2019 № 207-р) [7] и на период до 2030 года с прогнозом до 2036 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 28.12.2024 № 4146-р) [9]. Особо отметим Стратегию пространственного развития Российской Федерации до 2030 года [9], ориентированную на формирование сбалансированной системы расселения и территориальной организации экономики страны.

Вопросы пространственного развития сельских территорий приобретают особое значение ввиду высокой степени их восприимчивости к изменениям, обусловленным сложными взаимодействиями между пространственной организацией, системой расселения и инфраструктурным обеспечением сельской местности. В данном ключе общность основных направлений и целевых установок, связанных с инфраструктурным обеспечением сельских территорий в разрезе их пространственного развития, как отмечено выше, определяется непрерывным взаимодействием расселенческих, пространственных и инфраструктурных процессов, происходящих в сельской местности. Расселение играет важную роль в обеспечении территорий объектами инфраструктуры.

С одной стороны, расселение образует территориально-расселенческую структуру общества, так как зависит не только от производственных потребностей отдельных территорий, но и обусловлено сложившимися интересами сельских жителей во всех сферах их жизнедеятельности. С другой стороны, расселение как естественный и закономерный итог исторического процесса формируется не только сложившимися условиями природно-географического и социально-экономического характера сельской местности, но и определяет непосредственное развитие территории и уклад жизни селян.

В большинстве публикаций по данной проблематике, особенно до 80-х гг. XX в., расселение рассматривалось как дополнение к размещению производства. В дальнейшем, в связи с кризисом 90-х гг. и последующими событиями, точка зрения ученых меняется. Под расселением стали пониматься или процесс распределения людей по территории, или совокупность (сети) поселений на определенной территории. Так, по мнению О.Б. Глезер, «расселение (как сеть населенных мест, ее узлов и многообразные связи между ними) – материальная среда, в которой существуют и функционируют государство и население, причем это не просто компонент пространства жизнедеятельности, но в определенном смысле его основа» [1]. Похожей точки зрения придерживается А.Э. Крупко, считая, что расселение населения – это сеть поселений с ареалами жизнедеятельности людей [3].

Мы согласны с мнением А.И. Костяева, что развитие сельской местности традиционно увязывается с системой сельского расселения [2], которая обладает большой инерцией, а центры тяготения и расселения (опорные пункты) определяются наличием на территориях социально-значимых объектов инфраструктуры и характеризуются медленными преобразованиями из-за закрепленности функциональных зон и устойчивой внутренней структуры.

Исходя из понимания пространственных, демографических и социально-экономических особенностей развития сельских территорий и расселения, целью настоящего исследования стало выявление проблем и изменений в инфраструктурном обеспечении сельских территорий, обусловленных их отраслевой и территориальной организацией.

В качестве объекта исследования выбраны сельские территории муниципальных районов Воронежской области, а информационная база за 2023 г. сформирована из следующих показателей по 3 основным блокам.

I. «Расселение» – миграционное движение (промилле); людность сельских населенных пунктов (чел./СНП); концентрация сельских населенных пунктов (ед./км²); доля населения моложе трудоспособного возраста (%); доля населения трудоспособного возраста (%).

II. «Пространственная организация» – плотность населения (чел./км²); плотность промышленной продукции (тыс. руб./км²); плотность сельского хозяйства (тыс. руб./км²); плотность розничной торговли (тыс. руб./км²); плотность автомобильных дорог (км/км²).

III. «Инфраструктурная обустроенность» – удельный вес сельского жилого фонда, обеспеченного коммуникациями (%); концентрация лечебно-профилактических организаций (ед./км²); концентрация образовательных организаций (ед./км²); концентрация спортивных объектов и учреждений (ед./км²).

Оценка осуществлялась в рамках одного года вследствие того, что практически для всех показателей, обозначенных в блоках, характерен длительный временной лаг, так как никаких значительных изменений на протяжении десятилетий не происходило и зачастую данные не отражались в статистических базах по годам, особенно по объектам инфраструктуры, исходя из чего был определен сложившийся фактический уровень инфраструктурного обеспечения сельских территорий.

На основе анализа I блока – «Расселение» – выявлено, что показатель миграционного движения населения в разрезе сельских территорий Воронежской области в целом имеет то положительное, то отрицательное значение, что ощутимо усложняет его интерпретацию. Так, всего для 5 районов – Новоусманского, Рамонского, Семилукского, Нижнедевицкого и Хохольского – характерен положительный приток населения на сельские территории в 2023 г. Среди неблагоприятных по миграционному движению можно выделить Борисоглебский, Бутурлиновский, Калачеевский, Кантемировский, Новохоперский, Павловский и Терновский муниципальные районы, для которых свойственна обратная ситуация, то есть отток сельского населения. Особое место среди всех муниципальных районов занимает Эртильский, в котором в 2023 г. количество прибывших равнялось количеству выбывших, что дало нулевой результат.

Лидирующие позиции по уровню концентрации сельских населенных пунктов занимают Панинский (5,7 ед./100 км²), Рамонский (5,4 ед./100 км²) и Верхнехавский (5,2 ед./100 км²) районы, а по количеству сельских населенных пунктов – Таловский (98 ед.), Россошанский (88 ед.) и Острогожский (79 ед.). Минимальная концентрация сельских населенных пунктов зафиксирована в Верхнемамонском (1,0 ед./100 км²), Петропавловском (1,7 ед./100 км²) и Поворинском (1,8 ед./100 км²) районах, которые занимают последние места и по количеству сельских населенных пунктов. Особенностью сельского расселения Воронежской области является высокая людность. Так, средняя людность сельских населенных пунктов региона в 2023 г. составляла 480 человек. Самые высокие значения данного показателя приходятся на Верхнемамонский и Новоусманский районы – соответственно 1302 и 1653 чел.

Одними из самых стабильных показателей являются удельный вес населения моложе трудоспособного возраста и удельный вес населения трудоспособного возраста, для которых характерна самая низкая дифференциация, а более 50,0% всех муниципальных образований имеют лучшие значения. Еще одним показателем, характеризующим сельскую систему расселения, является концентрация сельских населенных пунктов. Этот показатель относится к числу слабо изменяемых, что характерно для многих регионов России, в том числе и для Воронежской области.

По результатам анализа II блока – «Пространственная организация» – отмечены высокие темпы развития сельской экономики в районах Воронежской области, что отражается и в достаточно высоких значениях показателей плотности по каждому виду экономической деятельности. Однако необходимо обратить внимание на то, что аграрная отрасль развивается более равномерно, тогда как рост промышленности и торговли дифференцирован по сельским территориям. Так, в Борисоглебском, Каширском, Лискинском, Павловском, Рамонском и Россошанском районах наблюдается самый высокий уровень показателей, в то же время в торговле аналогичные достижения зафиксированы только в Новоусманском и Рамонском районах.

В ходе оценки плотности экономической деятельности выявлена ярко выраженная асимметрия территориально-отраслевой структуры экономики Воронежской области. На Россошанский, Лискинский, Бобровский и Борисоглебский муниципальные образования приходится 55,5% объема промышленной продукции. На территориях данных районов функционирует производство перерабатывающей сельскохозяйственной продукции (Бобров), продукции машиностроения (Борисоглебск, Лиски) и химической промышленности (Россошь). На остальные муниципальные образования приходится 45,5% объема отгруженной продукции, преимущественно связанной с переработкой сельскохозяйственного сырья.

Сельское хозяйство как одна из основных отраслей национальной экономики и вид экономической деятельности на сельских территориях оказывает значительное влияние на меняющуюся структуру экономики сельских муниципальных районов, однако в настоящее время его роль постоянно снижается, что выражается в уменьшении количества районов, где на долю сельского хозяйства приходится 50,0% в структуре экономической деятельности. В Верхнемамонском и Подгоренском районах в 2023 г. доля сельского хозяйства составляла соответственно всего 47,8 и 30,6%. При этом в Петропавловском и Репьевском районах сельское хозяйство продолжает играть доминирующую роль, занимая в структуре соответственно 90,1 и 83,9%. Как следствие, в структуре экономики сельских муниципальных районов происходит перераспределение видов экономической деятельности в сторону увеличения доли промышленности и торговли. Так, в Борисоглебском, Каширском, Лискинском, Новоусманском, Павловском, Рамонском и Россошанском районах доля промышленности составила более 50,0%. Самыми неразвитыми в промышленном отношении районами выступают Петропавловский, Репьевский, Богучарский, Верхнемамонский, а районами с недостаточно развитой

торговлей являются Верхнехавский, Воробьевский, Грибановский, Каменский, Кантемировский, Нижнедевицкий, Новохоперский, Ольховатский, Петропавловский, Подгоренский, Репьевский.

Высокая плотность автомобильных дорог указывает на наличие возможностей быстрее и комфортнее добраться как из одного населенного пункта в другой, так и в областной центр. Самые высокие значения данного показателя отмечены в Бобровском, Лискинском и Новоусманском районах. Недостаточный уровень дорожного сообщения выявлен в Богучарском, Верхнемамонском, Воробьевском, Грибановском, Кантемировском, Ольховатском, Петропавловском и Терновском районах.

В разрезе муниципальных образований Воронежской области также был проведен анализ плотности сельского населения, среднее значение которого в 2023 г. составляло 43,75 чел/км². Особое место занимает Новоусманский район, в котором зафиксирован самый высокий уровень этого показателя (71,6 чел/км²), а самый низкий – в Петропавловском районе (10,0 чел/км²). Достаточно высокие значения плотности сельского населения отмечены в трех муниципальных образованиях – в Борисоглебском, Лискинском и Семилукском районах, весьма низкие – в Воробьевском, Кантемировском, Петропавловском и Терновском районах.

Что касается анализа показателей III блока – «Инфраструктурная обустроенность», следует отметить, что на полученные результаты значительное влияние оказала проводимая оптимизация объектов социальной сферы, которая привела к укрупнению и, как следствие, к сокращению числа соответствующих учреждений. Так, к районам с высокими значениями показателя обеспеченности общеобразовательными организациями относятся Борисоглебский, Верхнехавский, Каширский, Лискинский, Новоусманский, Павловский, Россошанский районы; лечебно-профилактическими организациями – Борисоглебский, Воробьевский, Лискинский, Новоусманский, Острогожский, Рамонский, Россошанский и Семилукский; спортивными сооружениями – Аннинский, Бобровский, Бутурлиновский, Лискинский, Новоусманский и Поворинский районы.

В целом по всем показателям только в Новоусманском, Лискинском и Семилукском районах Воронежской области можно отметить оптимальное инфраструктурное обеспечение, что объясняется проведением своевременной сельской политики органами местной власти. Так, привлечение высококвалифицированных кадров в области здравоохранения связано с реализацией в районах масштабной программы оснащения медицинских учреждений современным оборудованием, поскольку существенной проблемой остается именно отсутствие необходимых специалистов. На территории данных районов действуют общеобразовательные учреждения, коррекционные школы, профессиональные технические училища, дошкольные образовательные учреждения, детские музыкальные школы, школы искусств, что позволяет создавать необходимые условия в данной сфере, а также повышать доступность дополнительного образования для детей дошкольного и школьного возрастов. Жилищно-коммунальное хозяйство также является развитым, что находит свое подтверждение в высоких показателях обеспеченности сельского жилищного фонда всеми коммуникациями. Основным источником водоснабжения данных муниципальных районов являются подземные воды. Во всех крупных населенных пунктах и на предприятиях используются артезианские скважины, в мелких населенных пунктах – в основном колодцы и каптированные родники. Тепло-снабжение населенных пунктов осуществляется отопительными котельными. Жилой фонд в газифицированных поселениях частично отапливается и снабжается горячей водой от индивидуальных автономных отопительных и водонагревательных систем, работающих на природном газе.

Существенная роль в данных районах отведена газификации за счет осуществления строительства межпоселковых газопроводов, газопроводов высокого и низкого давления, а также перевода муниципальных котельных, работающих на территории

района на угле, на использование природного газа. Социально значимые объекты в населенных пунктах районов (школы, больницы, ДК, здания администрации) оборудованы индивидуальными отдельно стоящими и встроенными котельными, топливом для которых является как природный газ, так и твердое топливо.

Представленные в таблице данные об инфраструктурной обустроенности муниципальных районов Воронежской области в 2023 г. позволили ранжировать территории по совокупному уровню обеспеченности инфраструктурой, ориентируясь на сумму нормализованных значений показателей.

**Показатели инфраструктурной обустроенности муниципальных районов
Воронежской области в 2023 г.**

Муниципальные районы	Показатели / нормализованные значения				Сумма нормализованных значений
	Удельный вес площади, оборудованной всеми коммуникациями, %	Число лечебно-профилактических организаций на 100 км ²	Число общеобразовательных организаций на 100 км ²	Число спортивных организаций на 100 км ²	
Лискинский	99,3 / 1,000	2,3 / 0,621	2,0 / 0,868	15,2 / 1,000	3,489
Новоусманский	79,8 / 0,742	2,3 / 0,650	2,2 / 1,000	13,2 / 0,825	3,217
Россошанский	82,3 / 0,775	2,2 / 0,590	1,5 / 0,539	8,9 / 0,434	2,339
Семилукский	67,1 / 0,574	3,1 / 1,000	1,4 / 0,482	7,1 / 0,264	2,321
Борисоглебский	61,6 / 0,501	2,7 / 0,819	1,5 / 0,528	8,4 / 0,384	2,232
Острогожский	69,2 / 0,602	2,6 / 0,752	1,3 / 0,444	8,9 / 0,433	2,231
Рамонский	81,4 / 0,763	2,4 / 0,693	1,2 / 0,335	8,8 / 0,423	2,215
Каширский	69,1 / 0,601	1,9 / 0,451	1,6 / 0,625	7,6 / 0,316	1,992
Воробьевский	51,8 / 0,372	2,8 / 0,843	1,1 / 0,256	8,7 / 0,415	1,886
Калачеевский	72,2 / 0,642	1,8 / 0,414	1,2 / 0,346	9,3 / 0,463	1,864
Бутурлиновский	42,4 / 0,247	1,9 / 0,476	1,2 / 0,332	11,4 / 0,661	1,716
Богучарский	82,8 / 0,782	1,9 / 0,469	1,2 / 0,381	5,0 / 0,071	1,702
Аннинский	57,5 / 0,447	1,7 / 0,374	1,0 / 0,222	10,9 / 0,610	1,652
Верхнехавский	37,5 / 0,183	1,8 / 0,428	1,5 / 0,566	8,7 / 0,412	1,589
Бобровский	78,0 / 0,718	1,0 / 0,062	1,0 / 0,241	10,4 / 0,566	1,588
Поворинский	46,3 / 0,299	1,3 / 0,191	1,4 / 0,493	10,6 / 0,585	1,568
Ольховатский	56,2 / 0,430	1,8 / 0,420	1,3 / 0,448	7,0 / 0,256	1,554
Нижедевицкий	90,6 / 0,885	1,8 / 0,430	0,9 / 0,168	4,2 / 0,000	1,482
Хохольский	76,8 / 0,702	1,4 / 0,252	0,9 / 0,152	8,3 / 0,373	1,479
Павловский	56,6 / 0,435	1,5 / 0,293	1,5 / 0,545	6,4 / 0,199	1,472
Репьевский	63,2 / 0,522	1,9 / 0,469	1,0 / 0,197	5,8 / 0,146	1,335
Каменский	32,3 / 0,114	1,8 / 0,412	1,4 / 0,489	7,5 / 0,303	1,319
Кантемировский	61,3 / 0,497	1,5 / 0,271	1,0 / 0,208	7,3 / 0,283	1,259
Таловский	41,5 / 0,235	1,6 / 0,331	1,4 / 0,463	5,7 / 0,139	1,169
Верхнемамонский	73,8 / 0,663	0,9 / 0,000	1,0 / 0,249	6,9 / 0,249	1,160
Эртильский	50,4 / 0,353	1,8 / 0,404	1,1 / 0,286	5,3 / 0,107	1,150
Панинский	31,2 / 0,099	1,7 / 0,374	1,0 / 0,222	8,4 / 0,388	1,084
Новохоперский	60,3 / 0,484	1,4 / 0,237	0,9 / 0,183	5,9 / 0,154	1,057
Терновский	41,4 / 0,234	1,8 / 0,410	0,8 / 0,081	6,0 / 0,163	0,889
Подгоренский	26,2 / 0,033	1,7 / 0,371	1,1 / 0,272	5,1 / 0,087	0,763
Грибановский	33,4 / 0,128	1,4 / 0,248	0,7 / 0,017	5,9 / 0,152	0,545
Петропавловский	23,7 / 0,000	1,2 / 0,120	0,7 / 0,000	7,1 / 0,262	0,382

По результатам проведенного анализа инфраструктурной обустроенности сельских территорий к лучшим районам можно отнести Лискинский, Новоусманский, Россошанский и Семилукский, а к худшим – Терновский, Подгоренский, Грибановский и Петропавловский.

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что в отношении инфраструктурного обеспечения сельские территории Воронежской области неоднородны по социальным, пространственным, демографическим характеристикам, имеются диспропорции территориальной организации и размещения объектов инфраструктуры. Поэтому для решения выявленных проблем необходим комплекс мер законодательного, территориального, градостроительного и организационно-экономического характера, а импульсы, формирующие производственно-территориальную структуру сельских территорий в разрезе их инфраструктурной обустроенности, должны исходить от пространственной организации и полюсов сельского развития, представляющих собой центры концентрации приоритетных видов деятельности (особенно сельскохозяйственной).

В условиях перехода к новой сельской парадигме в соответствии с изменениями и спецификой административных воздействий по всей вертикали власти (институциональная среда, уровни, задачи, функции) необходимы разработка и законодательное закрепление социальных стандартов и нормативов по инфраструктурному обеспечению, а также мер по снижению рисков недофинансирования, что возможно при согласованном участии государства, бизнеса и населения в таких совместных действиях, как:

- *активизация экономической деятельности*: поддержка сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности через систему субсидий и грантов, льготные кредиты для модернизации технико-технологической базы, стимулирование развития перерабатывающих производств и повышения глубины переработки сельскохозяйственной продукции, а также формирование условий для развития малого и среднего бизнеса;

- *оптимизация расселения и улучшение жилищных условий* – разработка программ по переселению жителей из неперспективных населенных пунктов в более развитые, формирование современного сельского жилищного фонда для обеспечения комфортных условий проживания, в том числе для молодых специалистов и их семей;

- *развитие инфраструктуры* – строительство и ремонт дорог, линий энергоснабжения, внедрение альтернативных источников энергии, расширение покрытия мобильной связи и интернета, модернизация школ, детских садов, больниц, поликлиник, домов культуры, библиотек и клубов;

- *создание многофункциональных сельских центров* (опорных населенных пунктов) – организация многофункциональных центров, объединяющих административные, культурные, образовательные и коммерческие объекты, обустройство зон отдыха и рекреационных территорий, обеспечивающих доступ сельского населения к базовым общественным услугам;

- *обновление инфраструктуры для туризма и отдыха* – создание туристических маршрутов и троп, организация гостевых домов, мини-отелей и кемпингов, проведение мероприятий по сохранению исторического и природного наследия, организация культурных мероприятий и фестивалей;

- *обеспечение экологической безопасности* – реализация программ по сохранению и восстановлению почв, лесов и водных ресурсов, внедрение систем экологического мониторинга и контроля, поддержка проектов по озеленению и благоустройству территорий;

- *поддержка местного самоуправления* – разработка и реализация комплексных программ, учитывающих специфику и потребности сельских территорий, использование цифровых платформ для координации деятельности органов власти, бизнеса и населения, вовлечение жителей в процесс планирования мероприятий по развитию муниципальных образований.

Реализация органами власти, бизнесом и населением обозначенных мероприятий нацелена на формирование и развитие такой инфраструктуры, которая будет учитывать расселение, пространственную организацию и хозяйственную деятельность, что позволит удовлетворять потребности сельского населения, стимулировать устойчивый рост аграрной экономики и в конечном счете повышать качество жизни селян.

Список источников

1. Вызовы и политика пространственного развития России в XXI веке: монография; ред. В.М. Котляков, А.Н. Швецов, О.Б. Глезер. Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2020. 365 с.
2. Костяев А.И., Кузнецова А.Р., Никонов А.Г. Сельские территории в системе расселения «город – село»: в контексте стратегии пространственного развития // Международный сельскохозяйственный журнал. 2020. № 4. С. 19–23. DOI: 10.24411/2587-6740-2020-14064.
3. Крупко А.Э., Шенцева Л.Н. Особенности, проблемы, возможности устойчивого развития населения Воронежской области и демографическая безопасность региона // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. 2023. Т. 20, № 7. С. 23–32.
4. Новикова И.И. Пространственная асимметрия в инфраструктурной обеспеченности неурбанизированных территорий Российской Федерации // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2023. № 9. С. 57–63. DOI: 10.31442/0235-2494-2023-0-9-57-63.
5. Об утверждении ведомственной целевой программы «Современный облик сельских территорий»: Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 20 апреля 2020 г. № 214 [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565220119> (дата обращения: 20.08.2025).
6. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Комплексное развитие сельских территорий» и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации: Постановление Правительства РФ от 31 мая 2019 г. № 696 (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/72260516> (дата обращения: 20.08.2025).
7. Об утверждении Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года: Распоряжение Правительства РФ от 13.02.2019 № 207-р [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/UVAIqUtT08o60RktoOXI22JjAe7irNxc.pdf> (дата обращения: 20.08.2025).
8. Об утверждении Стратегии устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года: Распоряжение Правительства РФ от 02.02.2015 № 151-р [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420251273> (дата обращения: 20.08.2025).
9. Об утверждении Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2036 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2024 г. № 4146-р [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1310767692?marker=65A0IQ> (дата обращения: 20.08.2025).
10. О стратегическом планировании в Российской Федерации: Федеральный закон от 28.06.2014 № 172-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_164841 (дата обращения: 20.08.2025).
11. Пархомов Е.А. Методический подход к диагностике устойчивого развития сельских территорий с учетом их пространственной локализации // Региональные проблемы преобразования экономики. 2021. № 8(130). С. 32–46 DOI: 10.26726/1812-7096-2021-8-32-46.
12. Самыгин Д.Ю., Барышников Н.Г., Мизюркина Л.А. Модели сценарного прогнозирования развития сельского хозяйства региона // Экономика региона. 2019. Т. 15. Вып. 3. С. 865–879. DOI: 10.17059/2019-3-18.
13. Стовба Е.В. Стратегия устойчивого развития сельских территорий региона: на материалах Нечерноземной зоны Республики Башкортостан: дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05. Уфа, 2021. 427 с.
14. Шамин А.Е., Зуева С.В. Устойчивое развитие сельских территорий в региональной экономике страны // Вестник НГИЭИ. 2022. № 1(128). С. 101–111. DOI: 10.24412/2227-9407-2022-1-101-111.
15. Duguma L.A., van Noordwijk M., Minang P.A. et al. COVID-19 Pandemic and Agroecosystem Resilience: Early Insights for Building Better Futures // Sustainability. 2021. Vol. 13(3). Article No. 1278. DOI: 10.3390/su13031278.

References

1. Challenges and Policy of Russia's Spatial Development in the 21st Century. V.M. Kotlyakov, A.N. Shvetsov, O.B. Glezer, Eds. Moscow: KMK Scientific Press Ltd.; 2020. 365 p. (In Russ.).
2. Kostyaev A.I., Kuznetsova A.R., Nikonov A.G. Rural territories in the "city-village" residence system: in the context of a spatial development strategy. *International Agricultural Journal*. 2020;4:19-23. DOI: 10.24411/2587-6740-2020-14064. (In Russ.).
3. Krupko A.E., Shentseva L.N. Peculiarities, problems, opportunities for sustainable development of the population of the Voronezh region and demographic security of the region. *FES: Finance. Economy. Strategy*. 2023;7(20):23-32. (In Russ.).
4. Novikova I.I. Spatial asymmetry in infrastructure security of non-urbanized territories of the Russian Federation. *Economy of agricultural and processing enterprises*. 2023;9:57-63. DOI: 10.31442/0235-2494-2023-0-9-57-63. (In Russ.).
5. On Approval of the Departmental Target Program "Current Guise of Rural Territories": Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation of April 20, 2020 No. 214. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565220119>. (In Russ.).
6. On Approval of the State Program of the Russian Federation "Integrated Rural Development" and on Amendments to Certain Acts of the Government of the Russian Federation (as amended and supplemented): Decree of the Government of the Russian Federation of May 31, 2019 No. 696. URL: <https://base.garant.ru/72260516>. (In Russ.).
7. On Approval of the Strategy for Spatial Development of the Russian Federation for the Period up to 2025: Executive Order of the Government of the Russian Federation of 13.02.2019 No. 207-r. URL: <http://static.government.ru/media/files/UVAIqUtT08o60RktoOXl22JjAe7irNxc.pdf>. (In Russ.).
8. On Approval of the Strategy for Sustainable Development of Rural Areas of the Russian Federation for the Period up to 2030: Executive Order of the Government of the Russian Federation of 02.02.2015 No. 151-r. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420251273>. (In Russ.).
9. On Approval of the Strategy for Sustainable Development of Rural Areas of the Russian Federation for the Period up to 2030 with Forecasting until 2036: Executive Order of the Government of the Russian Federation of December 28, 2024 No. 4146-r. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1310767692?marker=65A0IQ>. (In Russ.).
10. On Strategic Planning in the Russian Federation: Federal Law of 28.06.2014 No. 172-FZ. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_164841. (In Russ.).
11. Parkhomov E.A. Methodological approach to the diagnosis of sustainable development rural territories, taking into account their spatial localization. *Regional problems of economic transformation*. 2021;8(130):32-46. DOI: 10.26726/1812-7096-2021-8-32-46. (In Russ.).
12. Samygin D.Yu., Baryshnikov N.G., Mizjurkina L.A. Models of scenario forecasting of the region's agriculture development. *Regional Economy*. 2019;15(3):865-879. DOI: 10.17059/2019-3-18. (In Russ.).
13. Stovba E.V. Strategy for Sustainable Development of Rural Areas of the Region: Case Study of the Non-Chernozem Zone of the Republic of Bashkortostan: Doctoral Dissertation in Economic Sciences: 08.00.05. Ufa; 2021. 427 p. (In Russ.).
14. Shamin A.E., Zueva S.V. Sustainable development of rural areas in the regional economy of the country. *Bulletin NGIEI*. 2022;1(128):101-111. DOI: 10.24412/2227-9407-2022-1-101-111. (In Russ.).
15. Duguma L.A., van Noordwijk M., Minang P.A. et al. COVID-19 Pandemic and Agroecosystem Resilience: Early Insights for Building Better Futures. *Sustainability*. 2021;13(3):1278. DOI: 10.3390/su13031278.

Информация об авторах

Д.С. Каруна – аспирант кафедры экономического анализа, статистики и прикладной математики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», daniil-karuna@yandex.ru.

И.Н. Меренкова – доктор экономических наук, профессор, зав. отделом управления АПК и сельскими территориями Научно-исследовательского института экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-Черноземного района – филиала ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр имени В.В. Докучаева, upr-nii@yandex.ru.

Information about the authors

D.S. Karuna, Postgraduate Student, the Dept. of Economic Analysis, Statistics and Applied Mathematics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, daniil-karuna@yandex.ru.

I.N. Merenkova, Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the Dept. of Administration of the AIC and Rural Territories, Research Institute of Economics and Organization of Agro-Industrial Complex of the Central Chernozem Region – Branch of Voronezh Federal Agricultural Scientific Centre named after V.V. Dokuchaev, upr-nii@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 27.08.2025; одобрена после рецензирования 10.12.2025; принята к публикации 15.12.2025.

The article was submitted 27.08.2025; approved after reviewing 10.12.2025; accepted for publication 15.12.2025.

© Каруна Д.С., Меренкова И.Н., 2026

5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА (ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 338.43

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2026_1_144

EDN: GSZCQJ

Обоснование пространственно-типологического подхода к государственной поддержке развития сельских территорий Воронежской области

Игорь Анатольевич Лотков^{1✉}

¹ Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова

¹ ilotkov@govvrn.ru✉

Аннотация. На основе анализа пространственной дифференциации муниципальных районов по критерию периферийности обосновывается необходимость перехода от унифицированных мер поддержки к адресным, интегрированным инструментам, учитывающим специфику территориальных диспропорций. Исследование базируется на типологии, выделяющей зоны ближней, средней и дальней периферии относительно регионального центра. Для каждой типологической группы выявлены характерные структурные проблемы и дисбалансы: для ближней периферии – асимметричный рост при отставании инфраструктуры, для средней – отсутствие синергии и инерционность, для дальней – кумулятивная депрессия и самовоспроизводящийся кризис. Эти различия формируют принципиально разные управленческие вызовы. Автор проанализирован действующий комплекс федеральных и региональных программ поддержки, выявлена их фрагментарность и недостаточная пространственная координация. Обосновано, что отраслевой принцип распределения субсидий не позволяет эффективно корректировать системные дисбалансы, поскольку меры экономической, социальной, инфраструктурной и кадровой направленности реализуются изолированно. В качестве перспективного направления предлагается реструктуризация системы поддержки через формирование дифференцированных пакетов взаимосвязанных мер, нацеленных на коррекцию ключевых дисбалансов и запуск синергии между экономической, социальной, инфраструктурной и кадровой компонентами развития. Для ближней периферии предлагается пакет, синхронизирующий экономический рост с инфраструктурными инвестициями (включая механизмы ГЧП); для средней – стимулирование кооперации и инновационных связей; для дальней – сочетание точечной экономической поддержки с гарантированным сохранением базовых социальных услуг и программ закрепления кадров. Особое внимание уделяется потенциалу кластерного подхода и других системных инструментов пространственного развития АПК как средств обеспечения большей комплексности и сбалансированности принимаемых управленческих решений.

Ключевые слова: сельские территории, государственная поддержка, пространственное развитие, периферийность, дифференцированный подход, Воронежская область, агропромышленный комплекс

Для цитирования: Лотков И.А. Обоснование пространственно-типологического подхода к государственной поддержке развития сельских территорий Воронежской области // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, № 1(88). С. 144–151. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_144–151.

5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS (ECONOMIC SCIENCES)

Original article

Justification of a spatial and typological approach to state support for rural areas development of Voronezh Oblast

Igor A. Lotkov^{1✉}

¹ Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov

¹ ilotkov@govvrn.ru✉

Abstract. Based on the analysis of the spatial differentiation of municipal districts according to the criterion of peripherality, the need for a transition from unified support measures to targeted, integrated tools that take into account the specifics of territorial disparities is substantiated. The study is based on a typology that identifies the zones of the near, middle and far periphery relative to the regional center. Characteristic structural problems and imbalances have been identified for each typological group: for the near periphery it is asymmetric growth and lagging infrastructure, for the middle periphery it is lack of synergy and inertia, for the far periphery it is cumulative depression and self-perpetuating crisis. These differences form fundamentally different management challenges. The author analyzes the current set of federal and regional support programs, reveals their fragmentation and insufficient spatial coordination. It is proved that the sectoral principle of subsidy allocation does not allow for effective correction of systemic imbalances, since economic, social, infrastructural and personnel measures are

implemented in isolation. The restructuring of the support system through the formation of differentiated packages of interrelated measures aimed at correcting key imbalances and launching synergies between the economic, social, infrastructural and human resources components of development is proposed as a promising direction. For the near periphery, the author proposes a package of measures synchronizing economic growth with infrastructure investments (including PPP mechanisms); for the middle periphery stimulating cooperation and innovation ties are recommended; for the far periphery a combination of targeted economic support with guaranteed preservation of basic social services and staff retention programs are indicated. Special attention is paid to the potential of the cluster approach and other system tools for the spatial development of the Agro-Industrial Complex as a means of ensuring greater complexity and balance of management decisions.

Keywords: rural territories, state support, spatial development, peripherality, differentiated approach, Voronezh Oblast, Agro-Industrial Complex

For citation: Lotkov I.A. Justification of a spatial and typological approach to state support for rural areas development of Voronezh Oblast. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(1):144-151. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_144-151.

Сельские территории играют системообразующую роль в обеспечении продовольственной безопасности, сохранении природного и демографического потенциала страны. Однако их развитие сталкивается с комплексом проблем, обусловленных как общими социально-экономическими тенденциями, так и спецификой пространственного положения. Воронежская область, являясь одним из ведущих аграрных регионов России, демонстрирует значительную внутреннюю дифференциацию в уровне и качестве развития своих сельских районов [3]. Преодоление возникающих диспропорций требует качественной трансформации подходов к управлению развитием, в том числе к системе государственной поддержки.

Современная система поддержки сельских территорий в России представляет собой разветвленный комплекс федеральных и региональных программ, нацеленных на различные сферы: от развития агропромышленного комплекса (АПК) до модернизации социальной и инженерной инфраструктуры. Однако, как показывает практика, зачастую эти меры реализуются изолированно, в рамках отраслевых «вертикалей», что не позволяет эффективно решать комплексные, системные проблемы конкретных территорий [1, 4]. Результатом становится не гармонизация, а зачастую усугубление существующих диспропорций между экономическим ростом, состоянием социальной сферы, инфраструктурной обеспеченностью и кадровым потенциалом [13, 14, 15].

В связи с этим цель настоящего исследования заключалась в анализе стратегических направлений совершенствования государственной поддержки развития сельских территорий Воронежской области на основе учета их пространственной дифференциации и специфики структурных дисбалансов.

Для выявления территориальной дифференциации использовалась типология, основанная на критерии периферийности. Все муниципальные районы Воронежской области были разделены на три группы, такие как ближняя, средняя и дальняя периферии. Однако при проведении классификации учитывалась не только формальная географическая удаленность от регионального центра, но и функционально-инфраструктурные характеристики, определяющие текущую степень включенности территории в систему региональных связей.

В основу типологии легли три взаимодополняющих признака:

- транспортно-временная доступность административного центра района от г. Воронежа;
- наличие в районе объектов социальной и экономической инфраструктуры межуни муниципального значения;
- демографический и экономический вес в системе расселения области.

Данная типология послужила базой для анализа характерных проблем и вызовов каждой группы.

В ходе выполнения программы исследования применены методы системного и сравнительного анализа, обобщения.

Эмпирическую базу составили данные официальной статистики, стратегические и программные документы федерального и регионального уровней, включая:

- государственную программу Российской Федерации «Комплексное развитие сельских территорий» [8];
- Стратегию пространственного развития Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2036 года [9];
- Стратегию устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации до 2030 года [10];
- национальные проекты [11, 12];
- государственную программу Воронежской области «Развитие сельского хозяйства, производства пищевых продуктов и инфраструктуры агропродовольственного рынка» [7].

Проведенный анализ позволил выявить устойчивые типы структурных дисбалансов, характерные для разных групп периферийности, что определяет принципиально разные контексты для применения мер государственной поддержки.

Положение муниципального района относительно регионального центра выступает ключевым фактором, формирующим специфическую конфигурацию проблем и потенциалов развития. Количественная оценка уровня развития ключевых компонент для репрезентативных районов каждой типологической группы, выполненная по методике Е.Н. Королевой и Л.А. Мустафиной [6] с выделением отдельного блока трудовых ресурсов (Тсуб), наглядно демонстрирует глубину и характер структурных диспропорций (табл. 1).

Таблица 1. Оценка уровня сбалансированности развития ключевых компонент в репрезентативных районах Воронежской области

Муниципальный район	Эсуб	Ссуб	Тсуб	Исуб	Интегральный показатель
Новоусманский (ближняя периферия)	1,0000	0,5012	0,7052	0,2156	0,4240
Калачеевский (средняя периферия)	0,5049	0,6865	1,0000	0,8618	0,6685
Воробьевский (дальняя периферия)	0,4978	0,2561	0,6353	0,8000	0,4016

Данные таблицы 1 подтверждают тезис о принципиально различной структуре развития.

В Новоусманском районе (ближняя периферия) максимальное значение экономической компоненты (1,0000) резко контрастирует с критически низким уровнем инфраструктурного обеспечения (0,2156) и средним показателем социальной сферы (0,5012), что иллюстрирует модель асимметричного, несбалансированного роста.

В Калачеевском районе (средняя периферия) наблюдается относительно равномерное, хотя и невысокое в абсолютном выражении, развитие всех компонент, что отражает его роль как устойчивого локального центра.

В Воробьевском районе (дальняя периферия) относительно сохранные показатели трудовых ресурсов (0,6353) и инфраструктуры (0,8000) существуют на фоне депрессивного состояния экономики (0,4978) и социальной сферы (0,2561), демонстрируя модель кумулятивной стагнации, где формальная сохранность потенциала не реализуется из-за системного кризиса.

Значения коэффициента вариации отражают степень однородности развития компонент (табл. 2).

Таблица 2. Оценка статистических показателей репрезентативных районов Воронежской области

Муниципальный район	Коэффициент вариации, %	Коэффициент асимметрии	Коэффициент эксцесса
Новоусманский (ближняя периферия)	47,33	0,021	–0,65
Калачеевский (средняя периферия)	24,37	–0,537	–0,85
Воробьевский (дальняя периферия)	36,41	–0,253	–0,60

Как следует из данных таблицы 2, наиболее высокая вариация (47,33%) в Новоусманском районе статистически подтверждает наличие глубокого структурного дисбаланса, где отдельные компоненты существенно отклоняются от общего уровня. Низкий коэффициент вариации в Калачеевском районе (24,37%) указывает на относительно пропорциональное, однородное развитие, типичное для устойчивых локальных систем. Промежуточное, но также превышающее порог значение для Воробьевского района (36,41%) подчеркивает внутреннюю неравномерность, характерную для депрессивных территорий.

Анализ коэффициентов асимметрии и эксцесса дополняет картину (табл. 2). Слабо положительная асимметрия в Новоусманском районе (0,021) указывает на сдвиг распределения в сторону более высоких значений, что соответствует доминированию одной-двух «сильных» компонент. Отрицательные значения асимметрии в Калачеевском (–0,537) и Воробьевском (–0,253) районах свидетельствуют о левостороннем смещении, где большинство компонент имеют значения ниже среднего уровня для данной территории. Отрицательные значения эксцесса у всех трех районов (от –0,60 до –0,85) указывают на пологое, расплывчатое распределение, что является статистическим свидетельством отсутствия четкой центральной тенденции и скоординированности в развитии отдельных сфер, даже в условиях относительной однородности.

В районах ближней периферии (например, в Новоусманском районе) развитие во многом определяется влиянием областного центра. Экономические показатели данных территорий в первую очередь формируются под влиянием процессов, инициированных в областном центре: размещение логистических и производственных объектов, маятниковая трудовая миграция, инвестиции в жилищное строительство, что приводит к опережающему развитию экономического блока. Однако социальная и коммунальная инфраструктуры районов демонстрируют отставание от темпов экономической активности. Население, сохраняя формальную регистрацию в сельской местности, замыкает значительную часть потребностей в сферах здравоохранения, образования, культуры и розничной торговли на город. В результате локальная социальная инфраструктура не получает достаточного внутреннего стимула для развития, а рост нагрузки на инженерные сети (транспорт, водо- и энергоснабжение) не компенсируется пропорциональными инвестициями в их модернизацию и расширение. Возникает модель «экспортно ориентированного» роста, при котором создаваемая экономическая ценность лишь частично аккумулируется и трансформируется в качество жизни на территории, порождая риски ее долгосрочной зависимости и структурных перекосов.

Районы средней периферии (например, Калачеевский) демонстрируют иную модель, которую можно охарактеризовать как устойчивую, но инерционную. Выполняя исторически сложившиеся функции локальных (межрайонных) центров, эти территории обладают относительно автономным и сбалансированным набором ключевых функций. В

них, как правило, расположены не только крупные сельхозпредприятия, но и перерабатывающие производства, действуют учреждения здравоохранения и образования межмуниципального значения, развита базовая инженерная и транспортная инфраструктуры. Степень связи с Воронежем здесь умеренная, что формирует более замкнутый внутренний социально-экономический контур. Проблема заключается в отсутствии драйверов для перехода к качественно новой траектории роста. Развитие компонент происходит обособленно, без выраженного синергетического эффекта. Экономика, часто основанная на традиционном агропроизводстве, не генерирует достаточного спроса на инновации и высококвалифицированные кадры, что консервирует структуру занятости. Социальная сфера, хотя и обеспечивает базовые потребности, не становится фактором притяжения нового населения. Таким образом, система функционирует в режиме самоподдержания, но обладает низкой восприимчивостью к импульсам модернизации.

Наиболее сложная ситуация наблюдается на дальней периферии (например, в Воробьевском районе). Для районов дальней периферии характерен синдром кумулятивной депрессии, при котором негативные тенденции в различных сферах взаимно усиливают друг друга, формируя замкнутый круг. Значительная удаленность от основных рынков сбыта, ограниченный доступ к крупным инфраструктурным объектам и сервисам обуславливают низкую инвестиционную привлекательность и слабое развитие товарного производства. Сокращающаяся и стареющая экономическая база не создает ресурсов для поддержания социальной инфраструктуры, что ведет к свертыванию сети учреждений (школ, ФАПов, клубов). Деграция социальных услуг, в свою очередь, ускоряет отток наиболее мобильного и молодого населения, что еще больше подрывает экономический и демографический потенциал территории. Даже сохранившиеся трудовые ресурсы зачастую характеризуются низкой экономической активностью в формальном секторе, ориентируясь на личное подсобное хозяйство и временные заработки. В таких условиях традиционные меры поддержки, направленные на отдельные секторы, оказываются малоэффективными, так как не преодолевают системный характер кризиса.

Анализ действующей системы господдержки показывает ее широкий, но разрозненный характер. Комплекс разработанных мер можно классифицировать по таким основным компонентам, как:

- экономическая – субсидирование растениеводства и животноводства, гранты для начинающих фермеров и сельскохозяйственных кооперативов;
- социальная – программы «Земский врач/учитель», модернизация ФАПов и школ, создание объектов культуры;
- инфраструктурная – «сельская ипотека», программы газификации, водоснабжения, строительства и ремонта дорог;
- трудовая – стимулирующие выплаты специалистам АПК, поддержка ученических договоров.

Несмотря на охват всех ключевых сфер, эти меры, как правило, не увязаны между собой в пространственном контексте и не нацелены на устранение конкретного типа дисбаланса. Поддержка предоставляется по отраслевому принципу, а не в виде комплексных пакетов, необходимых для коррекции системных проблем территории.

В связи с этим возникает потребность в концептуальном пересмотре подходов к господдержке, смещении акцента с отраслевого на пространственно-типологический принцип. Теоретической основой для такого пересмотра могут выступать концепции интегрированного территориального развития и кластерной политики [2]. Кластерный подход, предполагающий формирование сетей кооперации между предприятиями, научными и образовательными учреждениями, органами власти на конкретной территории, обладает потенциалом для создания синергетических эффектов и находит отражение в документах стратегического развития [5, 9].

Для районов средней периферии стимулирование агропромышленных или пищевых кластеров могло бы стать катализатором, увязывающим модернизацию производства, развитие переработки, внедрение новых технологий и подготовку кадров, тем самым запуская цикл взаимно усиливающего развития.

Для ближней периферии более релевантными представляются инструменты государственно-частного партнерства в инфраструктурных проектах, где бизнес, инвестирующий в производственные мощности, участвует в софинансировании развития сопутствующей социальной и инженерной инфраструктуры.

Для преодоления депрессии дальней периферии необходим иной набор инструментов, возможно, включающий элементы «точечного» или «заказного» развития с фокусом на создание ограниченного числа (но критически важных) рабочих мест и гарантированное предоставление базовых государственных услуг.

Таким образом, в работе эмпирически подтверждена гипотеза о том, что пространственная дифференциация муниципальных районов Воронежской области по критерию периферийности формирует принципиально различные типы структурных дисбалансов, что делает унифицированные меры государственной поддержки заведомо неэффективными.

Количественный анализ, выполненный с использованием интегральной оценки ключевых компонент развития (экономической, социальной, инфраструктурной, кадровой), позволил, *во-первых*, выделить три устойчивые модели территориального развития:

- модель асимметричного роста на ближней периферии, которая характеризуется опережающим экономическим развитием при критическом отставании инфраструктуры;
- модель инерционной сбалансированности на средней периферии, которая отличается относительной пропорциональностью при отсутствии драйверов модернизации;
- модель кумулятивной депрессии на дальней периферии, где системный кризис блокирует реализацию сохранившегося потенциала.

Выявленные различия подтверждены статистическими показателями вариации, асимметрии и эксцесса, что придает сформулированным выводам необходимую степень объективности.

Во-вторых, установлено, что действующая система государственной поддержки, охватывая все ключевые сферы жизнедеятельности сельских территорий, носит преимущественно отраслевой, фрагментированный характер и лишена необходимой пространственной координации. Реализуемые меры распределены по ведомственным «вертикалям» и не объединены в целостные пакеты, ориентированные на коррекцию специфических дисбалансов конкретных типологических групп. Вследствие этого даже при значительном объеме выделяемых ресурсов их синергетический эффект остается низким, а в отдельных случаях поддержка может даже усугублять существующие диспропорции (например, стимулирование экономической активности без синхронного развития инфраструктуры на ближней периферии).

В-третьих, обоснована необходимость концептуального перехода от отраслевого к пространственно-типологическому принципу формирования мер государственной поддержки. В качестве перспективного направления предложена реструктуризация системы на основе формирования дифференцированных пакетов взаимосвязанных инструментов, адаптированных под специфику выявленных моделей развития.

Для районов ближней периферии приоритетными должны стать механизмы государственно-частного партнерства в инфраструктурных проектах, позволяющие синхронизировать инвестиционную активность бизнеса с модернизацией социальной и инженерной инфраструктуры.

Для средней периферии стратегическим резервом выступает кластерная политика, способная интегрировать производственные, образовательные и инновационные компоненты в единый воспроизводственный контур, формируя недостающие синергетические эффекты.

Для дальней периферии, находящейся в состоянии системного кризиса, требуется переход к моделям «точечного» развития, ориентированным на сохранение базового каркаса расселения через гарантированное предоставление государственных услуг и создание ограниченного числа экономически устойчивых рабочих мест.

Список источников

1. Барышников Н.Г., Самыгин Д.Ю., Жиликов Д.И. и др. Стратегические подходы и методы отраслевого и территориального планирования аграрного сектора // Международный сельскохозяйственный журнал. 2025. № 1(403). С. 90–94. DOI: 10.55186/25876740_2025_68_1_90.
2. Жиликов Д.И., Дорофеев А.Ф., Петрушина О.В. и др. Интегральная оценка технологического развития пространственно локализованных агросоциохозяйственных систем региона // Техника и оборудование для села. 2025. № 3(333). С. 44–47. DOI: 10.33267/2072-9642-2025-3-44-47.
3. Жиликов Д.И., Панченкова Е.А. Типологический подход к управлению развитием сельских территорий региона // Экономика сельского хозяйства России. 2024. № 10. С. 102–109. DOI: 10.32651/2410-102.
4. Крюков В.А., Баранов А.О., Павлов В.Н. и др. Проблемы развития единого комплекса средств макроэкономического и межрегионального межотраслевого анализа и прогнозирования // Экономика региона. 2020. № 4. С. 1072–1086. DOI: 10.17059/ekon.reg.2020-4-5.
5. Кустов Д.А., Лотков И.А., Сухачева В.И. Инструменты развития АПК Воронежской области // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. 2024. Т. 21, № 2. С. 5–13.
6. Королева Е.Н., Мустафина Л.А. Дифференциация развития сельских субрегионов в региональном экономическом пространстве // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2025. Т. 20, № 2(78). С. 131–138. DOI: 10.12737/2073-0462-2025-131-138.
7. Об утверждении государственной программы Воронежской области «Развитие сельского хозяйства, производства пищевых продуктов и инфраструктуры агропродовольственного рынка»: Постановление Правительства Воронежской области от 13 декабря 2013 г. № 1088 [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/18162991/> (дата обращения: 09.11.2025).
8. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Комплексное развитие сельских территорий» и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации: постановление Правительства Российской Федерации от 31 мая 2019 г. № 696 [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_326085/ (дата обращения: 09.11.2025).
9. Об утверждении Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2036 года: распоряжение Правительства Российской Федерации от 20 декабря 2024 г. № 4146-р [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_495567/ (дата обращения: 09.11.2025).
10. Об утверждении Стратегии устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года: распоряжение Правительства Российской Федерации от 2 февраля 2015 г. № 151-р. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_174933/ (дата обращения: 09.11.2025).
11. Паспорт национального проекта «Демография»: утвержден президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам 24 декабря 2018 г. (протокол № 16) [Электронный ресурс] // Правительство России. Документы. URL: <http://government.ru/info/35559/> (дата обращения: 17.11.2025).
12. Паспорт национального проекта «Образование»: утвержден президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам 24 декабря 2018 г. (протокол № 16) [Электронный ресурс] // Правительство России. Документы. URL: <http://government.ru/info/35566/> (дата обращения: 19.10.2025).
13. Ускова Т.В. Сбалансированность регионального экономического пространства по линии «город – село» // Проблемы прогнозирования. 2024. № 1(202). С. 196–207. DOI: 10.47711/0868-6351-202-196-207.
14. Шамин А.Е., Зуева С.В. Устойчивое развитие сельских территорий в региональной экономике страны // Вестник НГИЭИ. 2022. № 1(128). С. 101–111. DOI: 10.24412/2227-9407-2022-1-101-111.
15. Zhilyakov D.I., Kharchenko E.V., Kandiba A.A. Labor productivity modeling in the agricultural sector // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IV International Conference on Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies AGRITECH-IV-2020 (Krasnoyarsk, November 18–20, 2020). Bristol: IOP Publishing Ltd, 2021. Vol. 677. Article No. 022073. DOI: 10.1088/1755-1315/677/2/022073.

References

1. Baryshnikov N.G., Samygin D.Yu., Zhilyakov D.I. et al. Strategic approaches and methods of sectoral and territorial planning of the agricultural sector. *International Agricultural Journal*. 2025;1(403):90-94. DOI: 10.55186/25876740_2025_68_1_90. (In Russ.).
2. Zhilyakov D.I., Dorofeev A.F., Petrushina O.V. et al. Integral assessment of technological development of spatially localized agrosocioeconomic systems of the region. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2025;3(333):44-47. DOI: 10.33267/2072-9642-2025-3-44-47. (In Russ.).
3. Zhilyakov D.I., Panchenkova E.A. Typological approach to the management of rural development in the region. *Economics of Agriculture of Russia*. 2024;10:102-109. DOI: 10.32651/2410-102. (In Russ.).
4. Kryukov V.A., Baranov A.O., Pavlov V.N. et al. Problems in developing a comprehensive toolkit for macro-economic, inter-regional, inter-sectoral analysis and forecasting. *Economy of Regions*. 2020;4:1072-1086. DOI: 10.17059/ekon.reg.2020-4-5. (In Russ.).
5. Kustov D.A., Lotkov I.A., Sukhacheva V.I. Tools for development of the agricultural industry of the Voronezh region. *FES: Finance. Economy. Strategy*. 2024;21(2):5-13. (In Russ.).
6. Koroleva E.N., Mustafina L.A. Differentiation of rural subregion development in the regional economic space. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2025;20(2):131-138. DOI: 10.12737/2073-0462-2025-131-138. (In Russ.).
7. On approval of the State program of Voronezh Oblast "Development of Agriculture, Food Production and Infrastructure of agro-food market": Decree of the Government of Voronezh Oblast of December 13, 2013 No. 1088. URL: <https://base.garant.ru/18162991/>. (In Russ.).
8. On approval of the State program of the Russian Federation "Integrated Rural Development" and on Amendments to Certain Acts of the Government of the Russian Federation: Decree of the Government of the Russian Federation of May 31, 2019 No. 696. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_326085/. (In Russ.).
9. On approval of the Spatial Development Strategy of the Russian Federation for the Period up to 2030 with a Forecast up to 2036: Decree of the Government of the Russian Federation of December 20, 2024 No. 4146-r. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_495567/. (In Russ.).
10. On the approval of the Strategy for the Sustainable Development of Rural Areas of the Russian Federation for the Period up to 2030: Decree of the Government of the Russian Federation of February 2, 2015 No. 151-r. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_174933/. (In Russ.).
11. Passport of the National Project "Demography": approved by the Presidium of the Presidential Council for Strategic Development and National Projects on December 24, 2018 (Protocol No. 16). Government of Russia. Documents. URL: <http://government.ru/info/35559/>. (In Russ.).
12. Passport of the National Project "Education": approved by the Presidium of the Presidential Council for Strategic Development and National Projects on December 24, 2018 (Protocol No. 16). Government of Russia. Documents. URL: <http://government.ru/info/35566/>. (In Russ.).
13. Uskova T.V. The balance of regional economic space along the urban – rural line. *Studies on Russian Economic Development*. 2024;1(202):196-207. DOI: 10.47711/0868-6351-202-196-207. (In Russ.).
14. Shamin A.E., Zueva S.V. Sustainable development of rural areas in the regional economy of the country. *Bulletin NGIEI*. 2022;1(128):101-111. DOI: 10.24412/2227-9407-2022-1-101-111. (In Russ.).
15. Zhilyakov D.I., Kharchenko E.V., Kandiba A.A. Labor productivity modeling in the agricultural sector // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IV International Conference on Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies AGRITECH-IV-2020 (Krasnoyarsk, November 18–20, 2020). Bristol: IOP Publishing Ltd. 2021;677:022073. DOI: 10.1088/1755-1315/677/2/022073.

Информация об авторе

И.А. Лотков – соискатель, ФГБОУ ВО «Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова», ilotkov@govvrn.ru.

Information about the author

I.A. Lotkov, Candidate of Sciences Degree Seeking Applicant, Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov, ilotkov@govvrn.ru.

Статья поступила в редакцию 10.02.2026; одобрена после рецензирования 20.03.2026; принята к публикации 26.03.2026.

The article was submitted 10.02.2026; approved after reviewing 20.03.2026; accepted for publication 26.03.2026.

© Лотков И.А., 2026

5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА (ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 334

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2026_1_152

EDN: KOKZYZ

Формирование муниципальных флагманских проектов на территории сельских агломераций: финансовый аспект

Сергей Валентинович Богачев¹, Валерий Иванович Хоружий^{2✉},
Александр Владимирович Гурнак³

^{1, 2, 3} Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Россия

² vikhoruzhii@fa.ru✉

Аннотация. Муниципальные флагманские проекты (МФП) широко используются в стратегиях социально-экономического развития на региональном и местном уровнях, в том числе в сельских агломерациях (СА). При этом в условиях ограниченной финансовой самостоятельности большинства сельских муниципалитетов особую актуальность приобретает разработка методологически обоснованного подхода к формированию МФП с минимальным участием местного бюджета и максимальным привлечением внешних ресурсов. Уточнены теоретические основы применения инструмента «муниципальный флагманский проект», проанализированы источники финансирования и разработан методический подход к обоснованию МФП с учетом степени финансовой автономии органов местного самоуправления (ОМС). Показано, что финансовая устойчивость multifunctional фермерских хозяйств в СА зависит от степени их интеграции в федеральные и региональные программы поддержки, а также от способности ОМС мобилизовать внебюджетные ресурсы. Оптимальная модель финансирования МФП должна быть гибридной: участие местного бюджета – не более 10–15%, остальное – за счет грантов, частных инвестиций, государственно-частного партнерства и инициативного бюджетирования. Следует развивать методологию оценки «бюджетного возврата» – прогноза роста собственных доходов местного бюджета за счет увеличения экономической активности, развития малого бизнеса и туристического потока. Рекомендуется внедрять практику межмуниципального сотрудничества при формировании multifunctional зон, особенно в рамках СА, что позволяет снизить издержки и повысить эффект масштаба. В перспективе повышение финансовой самостоятельности ОМС должно стать не следствием, а условием успешной реализации МФП. Для этого необходимо развивать местную экономику, поддерживать предпринимательство и внедрять цифровые технологии в управление. Успешная реализация проекта возможна при комплексном подходе к финансированию, основанном на принципах синергии, устойчивости и вовлеченности всех заинтересованных сторон.

Ключевые слова: муниципальный флагманский проект (МФП), сельская агломерация, стратегия социально-экономического развития, источники финансирования МФП, бюджет

Финансирование: статья подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет бюджетных средств по государственному заданию ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации» (Москва) в 2025 году.

Для цитирования: Богачев С.В., Хоружий В.И., Гурнак А.В. Формирование муниципальных флагманских проектов на территории сельских агломераций: финансовый аспект // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, № 1(88). С. 152–165. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_152-165.

5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS (ECONOMIC SCIENCES)

Original article

Formation of Municipal Flagship Projects in rural agglomerations: Financial aspects

Sergey V. Bogachev¹, Valery I. Khoruzhiy^{2✉}, Aleksandr V. Gurnak³

^{1, 2, 3} Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia

² vikhoruzhii@fa.ru✉

Abstract. Municipal flagship projects (MFPs) are widely used in socio-economic development strategies at the regional and local levels, including in rural agglomerations. At the same time, in conditions of limited financial independence of the majority of rural municipalities, the development of a methodologically sound approach to the formation of MFPs with minimal participation of the local budget and maximum involvement of external resources becomes particularly relevant. The theoretical foundations of the application of the “Municipal Flagship Project” tool have been clarified, the sources of financing have been studied, and a methodological approach to the justification of MFPs has been developed, taking into account the degree of financial autonomy of local governments. It is shown that the financial stability of multifunctional farms in rural agglomeration depends on the degree of their integration into federal and regional support programs, as well as on the ability of compulsory health insurance to mobilize extra-budgetary resources. The optimal MFP financing model should be a hybrid one: local budget participation – no more

than 10-15%, the rest – through grants, private investments, public-private partnerships and initiative budgeting. It is necessary to develop a methodology for assessing the “budget return” – forecasting the growth of local budget own revenues due to increased economic activity, small business development and tourist flow. It is recommended to introduce the practice of inter-municipal cooperation in the formation of multifunctional zones, especially within the framework of rural agglomeration, which reduces costs and increases economies of scale. In the future, increasing the financial independence of compulsory medical insurance should not be a consequence, but a condition for the successful implementation of the MFP. To do this, it is necessary to develop the local economy, support entrepreneurship and introduce digital technologies into management. The successful implementation of the project is possible with an integrated approach to financing based on the principles of synergy, sustainability and the involvement of all stakeholders.

Keywords: municipal flagship project (MFP), rural agglomeration, socio-economic development strategy, sources of financing, budget

Funding: the paper was prepared based on the results of research supported by the budgetary funds within the state assignment to the Financial University under the Government of the Russian Federation (Moscow) in 2025.

For citation: Bogachev S.V., Khoruzhiy V.I., Gurnak A.V. Formation of Municipal Flagship Projects in rural agglomerations: Financial aspects *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(1):152-165. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_152-165.

Введение
Правительством Российской Федерации в соответствии с поручением Президента РФ в октябре 2021 г. был принят «Единый план по достижению национальных целей развития Российской Федерации на период до 2024 года и на плановый период до 2030 года». Инструментами достижения показателей Единого плана стали национальные проекты и государственные программы РФ, при реализации которых все большее значение приобретает проектный подход в стратегическом управлении на муниципальном уровне [2, 28].

Муниципальные флагманские проекты (МФП), несмотря на отсутствие четкого законодательного определения, активно используются в стратегиях социально-экономического развития (СЭР) как инструмент достижения конкурентных преимуществ территории [4, 5, 21]. Особую актуальность МФП приобретают для сельских агломераций, где требуется комплексное решение задач в сферах экономики, экологии и качества жизни [1, 25].

Однако, по мнению таких исследователей, как Б.С. Жихаревич и Т.К. Прибышин, А.Н. Кириллова и Н.Н. Мусинова, О.А. Козлова и М.Н. Макарова [5, 8, 9], для обоснования значительной части муниципальных флагманских проектов используются различные методологические подходы, что затрудняет формализацию оценки их идентифицируемости и финансовой реализуемости. Более 60% сельских муниципалитетов в России имеют низкий уровень финансовой самостоятельности: собственные доходы покрывают менее 30% расходов [19]. В этих условиях ключевым фактором становится не столько объем бюджетного участия, сколько способность органов местного самоуправления мобилизовать внебюджетные ресурсы и интегрировать проект в федеральные и региональные программы.

Цель данного исследования заключалась в разработке рекомендаций по формированию муниципальных флагманских проектов на территориях сельских агломераций с учетом особенностей их финансирования.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- уточнены теоретические основы применения инструмента «муниципальный флагманский проект»;
- проанализированы источники и модели финансирования МФП;
- разработан методический подход к формированию портфеля МФП на территории сельской агломерации.

Аналитическая часть

В ходе исследования для решения поставленных задач были определены предмет и объект, информационная база и применялись общие и специальные методы научного познания (монографический, контент-анализ, системный подход, сравнение, группировка, логическое обобщение).

Предмет исследования – процесс формирования МФП на территории сельской агломерации с точки зрения возможностей финансирования.

Объект исследования – МФП как инструмент реализации стратегии социально-экономического развития на местном уровне.

Информационная база исследования: нормативно-правовые документы по стратегическому планированию и разработке долгосрочных программ развития сельских территорий, сайты администраций субъектов федерации и муниципальных образований, публикации по теме исследования.

Научный интерес к финансовым аспектам формирования МФП в стратегии социально-экономического развития на территории сельских агломераций обусловлен следующими обстоятельствами. Формирование муниципальных проектов пока не получило нормативно-правового закрепления в законодательстве по стратегическому планированию (Федеральный закон «О стратегическом планировании в Российской Федерации» от 28.06.2014 № 172-ФЗ [17], Методические рекомендации по разработке и корректировке Стратегии социально-экономического развития субъекта Российской Федерации и плана мероприятий по ее реализации (утверждены приказом Минэкономразвития РФ от 28.03.2017 № 132) [14].

Что касается практики, то в данном контексте следует отметить, что портфели МФП, разработанные Консорциумом Леонтьевский центр – AV Group в стратегиях социально-экономического развития муниципальных образований ряда субъектов федерации, успешно реализуются на протяжении последнего десятилетия. Об этом свидетельствуют итоги проведенного в 2022 г. конкурса муниципальных стратегий «Реализованные стратегии: от идеи до воплощения» (далее – КМС-2022), в котором приняли участие 33 муниципальных образования из 19 регионов [5, 22]. В ходе конкурса из 75 представленных МФП были определены лучшие по результатам экспертной оценки, включающей финансовое обеспечение. Формальные критерии оценки проектов, замечания экспертов и опыт победителей конкурса, к сожалению, не были взяты за основу типовой методики формирования МФП. Возможно, это объясняется тем, что на уровне муниципальных образований реализуются два вида проектов (муниципально-частного партнерства и инициативного бюджетирования), которые регламентированы законодательством и определяют степень финансового участия органов местного самоуправления в их реализации [8, 9, 10].

На сельских территориях большинства субъектов федерации созданы сельские агломерации в соответствии с двумя основополагающими документами: Государственной программой «Комплексное развитие сельских территорий» (далее ГП КРСТ) [13] и «Стратегии устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года» [15]. Развитие сельских агломераций осуществляется на основе долгосрочных планов, направленных на обеспечение оптимального использования имеющихся ресурсов для решения экономических, социальных и экологических проблем [1, 25], которые могут пересекаться как по срокам и решаемым задачам, так и источникам финансирования с МФП, реализуемыми в рамках стратегии социально-экономического развития муниципального образования, территориально совпадающего с сельской агломерацией. Эти обстоятельства необходимо учитывать в ходе уточнения теоретико-методических основ применения инструмента «муниципальный флагманский проект» и прежде всего при оценке идентифицируемости проекта как «флагманского», так и «муниципального».

Российские ученые активно изучают опыт стратегического планирования регионов, высказывая мнение о необходимости анализа флагманских проектов как важных частей стратегий развития муниципалитетов. По итогам КМС-2022 его организаторы предложили внести изменения в формулировку флагманского проекта, которая была рекомендована участникам Конкурса до его начала для оценки проектов, и определили ФП как «крупный проект или группу взаимодополняющих проектов физических или институциональных преобразований, направленных на достижение стратегической цели

сообщества или решение значимых местных проблем и создающих потенциал для новых значимых инициатив» [22, с. 28]. Т.К. Прибышин и Р.А. Гресь, анализируя успешную реализацию флагманских инициатив в Конкурентной стратегии Большого Эдмонтона (Канада), отмечают, что «флагманские инициативы представляют собой прошивающие, пронизывающие инициативы, направленные на решение острых проблем и использование возможностей, являющихся общими для многих кластеров», при реализации которых необходимо сотрудничество между кластерами [21, с. 292].

По нашему мнению, флагманские инициативы можно в полной мере считать муниципальными, поскольку они были направлены на решение проблем, обеспечивающих взаимодействие кластеров (развитие муниципальной инфраструктуры) на конкретной территории, организуемой и финансируемой муниципалитетом. Это объясняется тем, что в канадской модели бюджетного федерализма органы местного самоуправления наделены широкими финансовыми полномочиями, вплоть до самостоятельного установления местных налогов и сборов и их администрирования. Канадский бюджетный федерализм позволяет реализовывать муниципальные флагманские проекты на принципах финансовой автономии муниципальных образований [6]. Российский бюджетный федерализм, в отличие от канадского, имеет особенности, связанные с высокой централизацией, поэтому, как отмечает А.Ф. Пасынков [19], даже в бездотационных субъектах федерации муниципальные образования не могут обеспечить сбалансированность доходов и расходов местного бюджета и получают дотации из регионального бюджета. Поэтому МФП, хотя и реализуются за счет федерального, регионального и местного бюджетов, доля финансирования за счет местного бюджета в них минимальна. Однако это не исключает участие органов местного управления в организации формирования и реализации проектов, что отмечают эксперты, оценивавшие МФП на КМС-2022 [5].

Таким образом, на основе анализа конкурсных материалов и стратегий СЭР [5, 21, 22] можно определить три критерия «муниципальности» проекта:

- территориальный – локализация на территории муниципального образования;
- организационный – инициатива и управление со стороны органов местного самоуправления;
- финансовый – участие местного бюджета и ожидаемый эффект в виде налоговых поступлений.

Наряду с идентификацией при формировании МФП целесообразно соблюдение трех принципов:

- согласованности по ресурсам и результатам с федеральными (национальными), региональными, местными проектами, программами и стратегиями;
- синхронизации для определения резервов экономии средств местного бюджета за счет межмуниципального сотрудничества и «бюджетного возврата» в ходе реализации проекта;
- степени финансовой автономии органов местного самоуправления, обеспечивающей прямое или косвенное бюджетное финансирование, а также использование муниципально-частного партнерства или инициативного бюджетирования.

Таким образом, можно констатировать, что МФП в российской практике представляют собой инвестиционную инициативу, направленную на решение стратегических задач развития территории и обладающую высоким мультипликативным эффектом [5]. В отличие от канадской модели, где муниципалитеты обладают широкой финансовой автономией [6], в России МФП чаще всего реализуются при доминирующем участии федерального и регионального бюджетов [19]. Участие органов местного самоуправления наряду с локацией и регистрацией на территории муниципального образования, а также прямое или косвенное, полное или частичное финансирование из местного бюджета позволяют оценить уровень «муниципальности» проекта, поскольку создают предпосылки пополнения местного бюджета и оценки эффективности деятельности муниципалитета.

Однако наряду с финансированием из местного бюджета для реализации МФП используются и другие источники. Так, организаторами КМС-2022 было определено пять типов источников финансирования МФП, в частности:

- средства федерального бюджета;
- средства регионального бюджета;
- средства местного бюджета;
- внебюджетные средства (фонды и заемные средства);
- средства инвесторов.

По данным изучения информации о структуре финансирования заявленных на КМС-2022 проектов в разрезе вышеприведенных типов выявлено следующее: суммарно доля проектов с четырьмя и пятью источниками финансирования составила 21,8% (от проанализированных 55); в 15 проектах было обозначено три источника финансирования – 27,3%; наибольшей оказалась доля проектов (50,9%) с одним и двумя источниками – соответственно 9 и 19 проектов [22, с. 24].

При этом организаторы КМС-22 не определяют такого важного направления, как косвенное финансирование за счет получения налоговых льгот и преференций, что приводит к «выпадающим» доходам бюджета и, естественно, увеличивает объем бюджетного финансирования. Так, в частности победитель конкурса МФП ОЭЗ РУ «Задонье» (расположен на территории сельской агломерации – г. Задонск с прилегающими территориями в Задонском муниципальном районе Липецкой области) указывает, что на проект, который реализовывался в течение 2006–2022 гг., было истрачено 20 млрд руб., из них лишь 13% – бюджетные средства. Однако в рамках ОЭЗ РУ «Задонье» действовали льготы по региональным и местным налогам, что, безусловно, увеличивает объем бюджетного финансирования из регионального и местного бюджетов.

Исходя из вышеизложенного, долю расходов местного бюджета в структуре источников финансирования МФП Kmb предложено определять по следующей формуле:

$$Kmb = \frac{Rmb + Lmb - Pmb}{Rfb + Rsb + Rmb + Vb + Sp + Ib + Mp} \times 100,$$

где Rmb – расходы федерального бюджета;

Rsb – расходы субфедерального бюджета;

Rmb – расходы местного бюджета;

Vb – внебюджетные средства;

Lmb – льготы по местным налогам;

Pmb – поступления в местный бюджет в ходе реализации проекта (бюджетный возврат);

Sp – прямые частные инвестиции;

Ib – частные инвестиции – инициативное бюджетирование;

Mp – частные инвестиции – муниципально-частное партнерство.

Необходимо отметить, что практически во всех проектах – участниках конкурса МФП доля финансирования из местного бюджета находилась на уровне 10–15%, что можно принять за экспертно установленный объем.

Структура источников финансирования проектов для обеспечения реализации устойчивых моделей развития сельских территорий несколько отличается от структуры финансирования МФП – участников конкурса КМС-2022. Это обычно проявляется в рамках нацпроектов и госпрограмм (в частности, «Комплексное развитие сельских территорий», «Жилье и городская среда», «Туризм и индустрия гостеприимства») и несколько нивелирует проблему финансовой реализуемости проектов в условиях роста числа инициатив на местном уровне.

По данным Министерства финансов России в 2023–2024 гг. [23, 24] более 90% муниципальных образований являлись получателями дотаций, а учитывая то, что муниципальные образования сельских поселений занимают более 70% от общего числа муниципальных образований, можно сделать вывод о том, что это существенно ограничивает возможности прямого финансирования МФП из местных бюджетов. В то же время федеральные и региональные субсидии, как правило, носят целевой и конкурсный характер, что требует от муниципалитетов высокой степени проектной готовности, наличия проработанной стратегии и способности мобилизовать софинансирование.

В ходе реализации программы «Агротуризм», действующей в рамках нацпроекта «Туризм и индустрия гостеприимства», накоплен положительный опыт синхронизации федеральных, региональных и местных источников финансирования [18]. В 2024 г. в рамках программы было поддержано более 150 проектов в сельских агломерациях, при этом средний уровень софинансирования из местных бюджетов составил около 12%, что соответствует значению 10–15% для МФП – конкурсантов КМС-2022. Результаты мониторинга реализации проектов содержат данные о созданных рабочих местах, увеличении оборота сельхозпродукции, росте налоговых поступлений в местный бюджет, что позволяет оценить в перспективе так называемый эффект «бюджетного возврата» [18].

Особо следует отметить использование муниципально-частного партнерства инициативного бюджетирования и в проектах, направленных на решение задач устойчивого развития сельских территорий. Так, по данным Всероссийского конкурса лучших проектов создания комфортной городской среды (в том числе на сельских территориях), в 2024 г. более 40% победивших проектов в сельской местности были реализованы при участии граждан и бизнеса [20]. Однако масштабы таких практик остаются локальными, поскольку зависят от профессиональных качеств кадрового потенциала местных администраций, уровня доверия населения и наличия местных предпринимателей, готовых инвестировать в развитие территорий.

Рассмотрим проекты, направленные на решение задач устойчивого развития сельских территорий (табл. 1), ставшие победителями Всероссийского конкурса инициативного бюджетирования в 2022 и 2024 гг., с точки зрения их соответствия принципам формирования и структуре источников финансирования МФП. Выбор указанных проектов для анализа обусловлен возможностями оценить структуру финансирования проекта.

Таблица 1. Характеристики проектов, направленных на решение задач устойчивого развития сельских территорий

Наименование проекта локация	Цель проекта, связь с задачами устойчивого развития сельских территорий	Участие органов местного самоуправления	Объем финансирования / в том числе из МБ (местный бюджет), тыс руб.
Народный парк «Возрождение» / Республика Крым, Советский район, село Краснофлотское	Развитие общественных пространств и новых туристических маршрутов	Первичный отбор местных инициатив, помощь в разработке проектов, организация софинансирования, аккумуляция средств и выбор подрядчика для реализации проекта на конкурсной основе	1850 / 200 МБ
СИК «Детская спортивная площадка «Джунгли» / Свердловская область, Алапаевский район, пгт Верхняя Синячиха	Развитие физической культуры и спорта для детей с ограниченными возможностями		1867 / 907 МБ
«Тушим огонь, разжигая сердца» / Республика Башкортостан, Куюргазинский район, село Бахмут	Повышение безопасности жизнедеятельности за счет организации добровольной пожарной команды		1800 / 270 МБ

Источник: составлено авторами по данным [7, 16].

Анализ муниципальных флагманских проектов, приведенных в таблице 1, свидетельствует о том, что они направлены на решение задач развития туризма, общественных пространств, а также безопасности жизнедеятельности. Показана доля участия в их реализации органов местного самоуправления, а также использование различных источников финансирования, включая средства региональных программ, частных инвестиций и механизмов инициативного бюджетирования при участии местного бюджета (табл. 2).

Таблица 2. Структура источников финансирования проектов, направленных на решение задач устойчивого развития сельских территорий

Источники финансирования проекта	Народный парк «Возрождение»		СИК «Детская спортивная площадка «Джунгли»»		«Тушим огонь, разжигая сердца»	
	Сумма, тыс. руб.	%	Сумма, тыс. руб.	%	Сумма, тыс. руб.	%
Бюджет субъекта федерации	1500	81,1	394,1	21,1	990	55
Местный бюджет	200	10,8	907	48,6	270	15
Частные инвестиции	50	2,7	468,8	25,1	270	15
Инициативное бюджетирование	100	5,4	97,1	5,2	270	15
Итого	1850	100,0	1867	100,0	1800	100,0

Источник: составлено авторами по данным [7, 16].

Анализ данных таблицы 2 подтверждает тезис о том, что грамотно спроектированный МФП может быть реализован при участии местного бюджета, если он использует коммерческий потенциал бизнеса и привлекает внешние источники финансирования, включая инициативное бюджетирование. При этом необходимо координировать действия всех участников финансирования проекта путем создания информационной базы для оценки возможных эффектов от реализации проектов, а также системы управления рисками, связанными со снижением налоговых поступлений или изменениями условий софинансирования.

Методическая часть

В настоящее время в Липецкой области активно развивается практика формирования муниципальных флагманских проектов в рамках стратегий социально-экономического развития муниципальных районов. В таблицах 3 и 4 конкретизированы по источникам финансирования МФП, реализация которых осуществлялась в муниципальных образованиях Липецкой области в 2024–2025 гг.

Анализ данных, приведенных в таблицах 3 и 4, показывает, что в 2024–2025 гг. в Липецкой области шла реализация более 10 муниципальных программ, 70% которых финансировались в рамках национальных и региональных проектов. Это подтверждает тенденцию к централизованному финансированию муниципальных программ, что требует от органов местного самоуправления высокой проектной зрелости и способности к софинансированию.

В Данковском муниципальном районе при непосредственном участии доктора экономических наук, профессора С.В. Богачева в рамках договора между администрацией Данковского муниципального района и ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации» в 2024 г. были разработаны три взаимосвязанных муниципальных флагманских проекта для включения в Стратегию социально-экономического развития Данковского муниципального района Липецкой области на период до 2030 года [26].

В таблице 5 представлены основные характеристики этих проектов.

Таблица 3. Распределение по источникам и объемам финансирования МФП, реализация которых осуществлялась в муниципальных образованиях Липецкой области в 2024–2025 гг.

Флагманский проект		Источник финансирования		
Наименование проекта	Содержание	Бюджет		Частные инвестиции
		федеральный	региональный	
Грязинский район				
Расширение ОЭЗ «Липецк»	Строительство завода изоляционных материалов			6,3 млрд руб.
Данковский район				
Строительство логистического хаба	Интеграция с маршрутами М12 «Восток»	3,5 млрд руб.		
Добровский округ				
Строительство всесезонной ледовой арены	Комплексное развитие села Доброе		1,7 млрд руб.	
Ремонт автодорог	Протяженность 10,4 км	461 млн руб.		
Елецкий район				
Промышленное цветоводство	Тепличный комплекс			13,5 млрд руб.
Модернизация водоснабжения	Строительство очистных сооружений		811,8 млн руб.	
Лебединский район				
Реконструкция школы № 3	Строительство переходного корпуса и модернизация инфраструктуры	1,3 млрд руб.		
Липецкий район				
Реконструкция комплекса «Липецккурорт»	Создание современной рекреационной зоны			6 млрд руб.
Развитие IT-кластера	Поддержка стартапов	Налоговые льготы и гранты		
Тербунский район				
Модернизация системы ЖКХ	Замена ветхих сетей	1,2 млрд руб.		
Усманский район				
Строительство хирургического корпуса детской больницы	В рамках нацпроекта «Здравоохранение»	2 млрд руб.		
Чаплыгинский район				
Капремонт школ	50 учебных заведений	6 млрд руб.		

Источник: составлено авторами по данным [27, с. 292–297: Приложение 3. Стратегический портфель приоритетных инвестиционных проектов].

Таблица 4. МФП, реализуемые в муниципальных образованиях Липецкой области в 2024–2025 гг. и финансируемые за счет нацпроектов, государственных и региональных программ

Районы	Флагманский проект	
	Наименование	Содержание
Грязинский	Программа «Сельский учитель»	Социальные выплаты педагогам, переезжающим в села
Данковский	Поддержка молодых фермеров	Гранты до 5 млн руб. на запуск агробизнеса
Задонский	Ремонт бассейна «Янтарь»	Включен в ГП КРСТ
Задонский	Туристический кластер «Задонщина»	Развитие паломнических маршрутов и гостевых домов
Лебединский	Создание агрокластеров	Поддержка фермерских хозяйств
Тербунский	Центр цифрового образования IT-клуб	Освоение актуальных и востребованных знаний, навыков и компетенций в сфере IT-технологий
Усманский	Сельскохозяйственные кооперативы	ЕСХН-льготных проектов на 500 млн руб.
Чаплыгинский	Создание многофункциональных центров (МФЦ)	Внедрение цифровых сервисов обслуживания сельских жителей

Источник: составлено авторами по данным [27, с. 292–297: Приложение 3. Стратегический портфель приоритетных инвестиционных проектов].

Таблица 5. Основные характеристики МФП из Стратегии социально-экономического развития Данковского муниципального района Липецкой области на период до 2030 года

Наименование МФП	Описание МФП	Ожидаемые результаты МФП	Источники финансирования МФП
«Данковские слободки» (реализация рекреационно-туристического потенциала муниципального района)	Вовлечение в оборот неиспользуемых объектов для туризма или рекреации; развитие средств размещения, дорожно-транспортной инфраструктуры, торговли, общественного питания, досуга и развлечений	Создание дополнительных рабочих мест, увеличение налоговых поступлений, новые ежегодные культурные мероприятия, эффективное взаимодействие власти и бизнеса	Федеральный, региональный и местный бюджеты, частные инвестиции
«Данковские гостинцы: вкусно, аппетитно и полезно»	Расширение ассортимента фирменных хлебобулочных и кондитерских изделий, молочных продуктов с пробиотиками. Организация гастрономического и медицинского туризма, проведение мастер-классов, экскурсий на предприятия пищевой и перерабатывающей промышленности	Создание дополнительных рабочих мест, увеличение налоговых поступлений, улучшение здоровья населения	Региональный и местный бюджеты, частные инвестиции
Укрепление экологической безопасности муниципального района	Снижение загрязнения водоемов продуктами животноводства, фильтрация и рекуперация отработанного воздуха, развитие системы сбора и переработки твердых коммунальных и промышленных отходов	Ликвидация мест несанкционированного размещения отходов, расчистка русла реки Дон и прудов, внедрение природосберегающих технологий	Федеральный, региональный и местный бюджеты, частные инвестиции

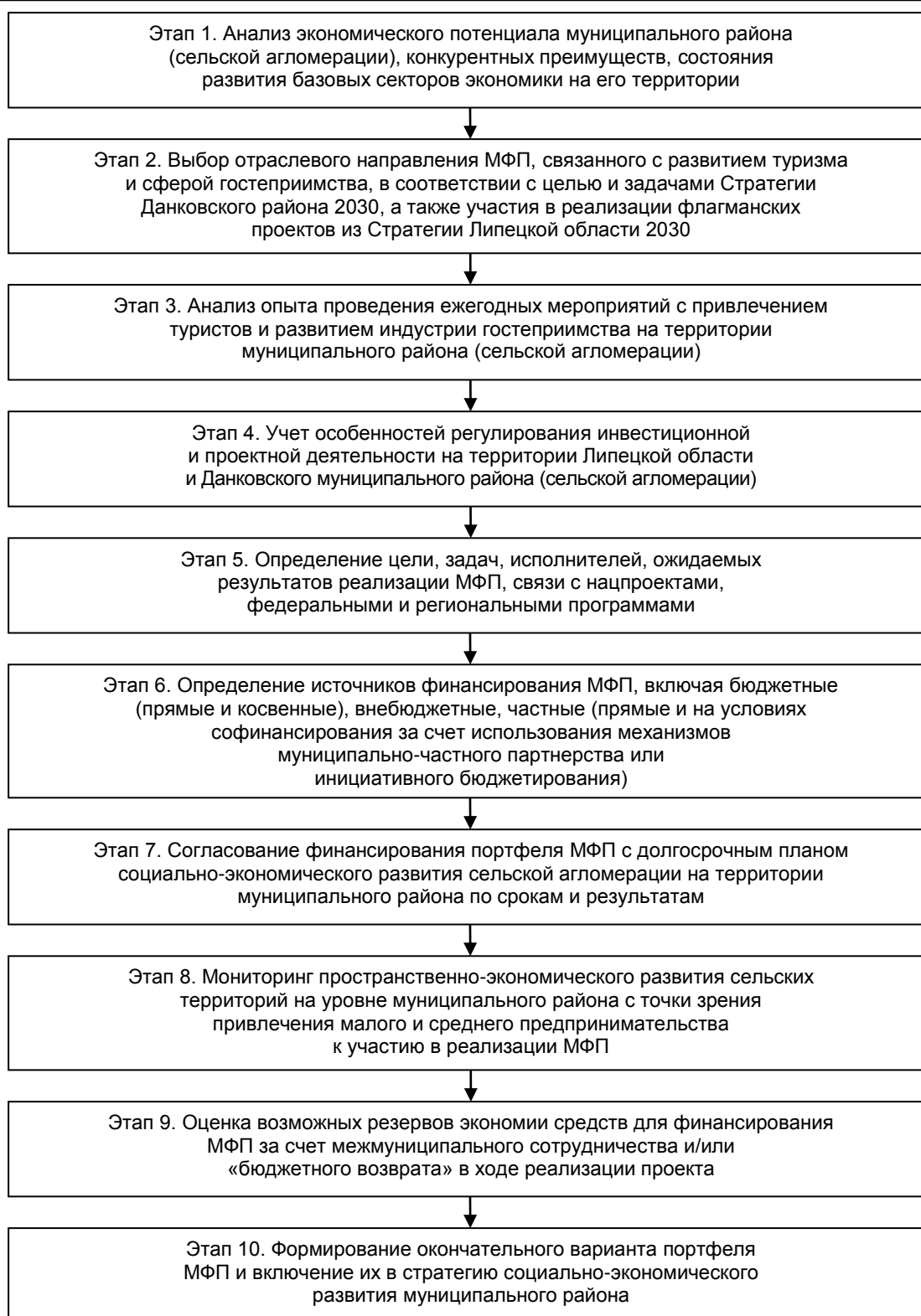
Источник: составлено авторами по данным [26, с. 58–64: Раздел 5. Муниципальные флагманские проекты].

МФП отвечают критериям «муниципальности» и принципам формирования, так как разработаны по инициативе органов местного самоуправления Данковского муниципального района, согласованы со Стратегией социально-экономического развития Липецкой области на период до 2030 г. (далее – Стратегия Липецкой области 2030), населением и бизнесом, при этом органы местного самоуправления могут влиять на их реализацию.

Проекты имеют достаточную финансовую автономию и диверсификацию источников финансирования. Предполагается финансирование как из федерального и регионального бюджетов, так и местного бюджета, а также инвестирование за счет средств малого и среднего предпринимательства. Для обоснования портфеля МФП, связанных с развитием туризма и сферой гостеприимства в Данковском муниципальном районе (сельской агломерации), использовался следующий методический подход, который схематично представлен на рисунке.

Особого внимания заслуживают этапы 7–9, реализация которых прямо и косвенно укрепляет финансовую самостоятельность муниципального района. Так, мониторинг пространственно-экономического развития сельских территорий (этап 7) позволил определить приоритетные отрасли (растениеводство, животноводство, перерабатывающая промышленность) и виды деятельности в сфере туризма и гостеприимства с учетом природо-ресурсных факторов и условий, влияющих на финансирование проектов [11].

Мероприятия по расчистке реки Дон, предусмотренные в проекте «Укрепление экологической безопасности муниципального района» (табл. 5), дублируются в долгосрочном плане развития сельской агломерации, что обеспечивает экономию расходов местного бюджета для реализации МФП. Сэкономленные средства могут быть использованы для финансирования других мероприятий, включая проекты инициативного бюджетирования [12].



Методический подход к разработке портфеля МФП в сфере туризма и гостеприимства Данковского муниципального района (на территории сельской агломерации)

Источник: составлено авторами.

Организация межмуниципального сотрудничества с соседними районами (Лебедянским и Чаплыгинским) позволит обеспечить проведение совместных мероприятий событийного туризма, что, в свою очередь, создаст предпосылки для снижения затрат местного бюджета на реализацию МФП [9].

Следует отметить, что основным бюджетобразующим источником в муниципальном районе являются предприятия малого и среднего бизнеса [3], что позволяет оценить их прямое и косвенное участие в софинансировании не только МФП «Данковские гостинцы: вкусно, аппетитно и полезно», но и МФП «Данковские слободки (реализация рекреационно-туристического потенциала муниципального района)» в части развития сервисной инфраструктуры туризма, торговли, общественного питания, средств размещения.

По результатам выполнения задач, связанных с уточнением теоретических основ применения инструмента «муниципальный флагманский проект» и анализом источников и моделей финансирования МФП, разработан методический подход к обоснованию портфеля МФП на территории сельской агломерации на примере Данковского муниципального района Липецкой области.

Методический подход к разработке портфеля МФП (см. рис.) может быть формализован в алгоритм, включающий такие блоки, как:

- анализ стратегических документов;
- выявление конкурентных преимуществ территории;
- определение приоритетных отраслей с учетом мониторинга пространственно-экономического развития;
- формирование проектной идеи;
- оценка финансовой самостоятельности органов местного самоуправления;
- поиск источников финансирования (бюджетных, внебюджетных, частных);
- организация межмуниципального сотрудничества;
- расчет ожидаемого «бюджетного возврата»;
- согласование с населением и бизнесом;
- включение в стратегию СЭР и программу реализации.

Полученные в ходе исследования результаты (в частности, уточнение идентификации МФП, принципов его формирования и классификации источников финансирования, а также методический подход по формированию портфеля МФП на территории сельской агломерации) могут быть рекомендованы для использования специалистами в сфере стратегического планирования и органам местного самоуправления.

Выводы

Финансовая устойчивость многофункциональных фермерских хозяйств в сельских агломерациях напрямую зависит от степени их интеграции в федеральные и региональные программы поддержки, а также от способности органов местного самоуправления мобилизовать внебюджетные ресурсы.

Оптимальная модель финансирования МФП должна быть гибридной: участие местного бюджета – не более 10–15%, остальное – за счет грантов, частных инвестиций, государственно-частного партнерства и инициативного бюджетирования.

Следует развивать методологию оценки «бюджетного возврата» – прогноза роста собственных доходов местного бюджета за счет увеличения экономической активности, развития малого бизнеса и туристического потока.

Рекомендуется внедрять практику межмуниципального сотрудничества при формировании многофункциональных зон, особенно в рамках сельских агломераций, что позволяет снизить издержки и повысить эффект масштаба.

В долгосрочной перспективе повышение финансовой самостоятельности органов местного самоуправления должно стать не следствием, а условием успешной реализации МФП. Для этого необходимо развивать местную экономику, поддерживать предпринимательство и внедрять цифровые технологии в управление.

Таким образом, муниципальный флагманский проект – это не просто инструмент стратегического планирования, а механизм трансформации местного самоуправления, обеспечивающий социально-экономическое развитие территории. Успешная реализация проекта возможна только при комплексном подходе к финансированию, основанном на принципах синергии, устойчивости и вовлеченности всех заинтересованных сторон.

Список источников

1. Агаева Л.К. Формирование долгосрочных планов развития сельских агломераций // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2024. Т. 19, № 2(74). С. 113–121. DOI: 10.12737/2073-0462-2024-113-121.
2. Антипин И.А., Власова Н.Ю. Оценка стратегического планирования в муниципальных образованиях: методические, практические и управленческие аспекты // Управленец. 2022. № 13(5). С. 67–84. DOI: 10.29141/2218-5003-2022-13-5-5.
3. Богачев С.В., Архипова Е.С. Аспекты налогообложения малого и среднего бизнеса на муниципальном уровне // Бизнес. Образование. Право. 2025. № 2(71). С. 96–102. DOI: 10.25683/VOLBI.2025.71.1286.
4. Богачев С.В., Гончаренко Л.И., Иваненко А.С. Формирование стратегии как составляющей управления социально-экономическим развитием муниципального района // Управленческие науки. 2025. № 15(3). С. 23–35. DOI: 10.26794/2304-022X-2025-15-3-23-35.
5. Жихаревич Б.С., Прибышин Т.К. Конкурс муниципальных стратегий – 2022: история стратегирования и флагманские проекты // Региональная экономика. Юг России. 2023. Т. 11, № 1. С. 4–17. DOI: 10.15688/re.volsu.2023.1.1.
6. Иванов Д.С., Аврамчикова Н.Т. Анализ бюджетно-налоговой системы и бюджетного устройства Канады // Менеджмент социальных и экономических систем. 2022. № 1. С. 18–23.
7. Итоги IX Всероссийского конкурса проектов инициативного бюджетирования [Электронный ресурс] // Информационно-просветительский проект НИФИ Минфина России Моифинансы.рф. URL: <https://моифинансы.рф/article/itogi-ix-vserossiyskogo-konkursa-proektov-initsiativnogo-byudzhetrovaniya/?ysclid=mn5x7provj546515208> (дата обращения: 03.09.2025).
8. Кириллова А.Н., Мусинова Н.Н. Реализация инициативных проектов как фактор повышения потенциала территорий муниципального образования // Вестник университета. 2022. № 9. С. 20–27. DOI: 10.26425/1816-4277-2022-9-20-27.
9. Козлова О.А., Макарова М.Н. Межмуниципальное сотрудничество как институт стратегического развития территории // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2018. № 11(3). С. 132–144. DOI: 10.15838/esc.2018.3.57.9.
10. Константинович Д.А., Митрофанова Я.С. Муниципально-частное партнерство как элемент инвестиционного механизма реализации стратегии социально-экономического развития муниципального образования // Первый экономический журнал (Бюллетень транспортной информации). 2022. № 1(319). С. 44–52.
11. Меренкова И.Н. Теоретико-методические аспекты мониторинга экономического пространства сельских территорий // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2024. Т. 17, № 2. С. 149–158. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2024_2_149-158.
12. Методические рекомендации по подготовке и реализации практик инициативного бюджетирования в Российской Федерации (утв. Минфином России) (в ред. от 05.12.2023) [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/409609803/> (дата обращения: 03.09.2025).
13. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Комплексное развитие сельских территорий» и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации: Постановление Правительства РФ от 31 мая 2019 г. № 696 (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/72260516> (дата обращения: 03.09.2025).
14. Об утверждении Методических рекомендаций по разработке и корректировке Стратегии социально-экономического развития субъекта Российской Федерации и плана мероприятий по ее реализации: приказ Минэкономразвития РФ от 28.03.2017 № 132 [Электронный ресурс]. URL: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-minekonomrazvitiya-rossii-ot-23032017-n-132-ob-utverzhdenii/> (дата обращения: 03.09.2025).
15. Об утверждении Стратегии устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года: Распоряжение Правительства РФ от 2 февраля 2015 года № 151-р (редакция от 13.01.2017) [Электронный ресурс]. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=297171&ysclid=mn4he4xkly55127421> (дата обращения: 03.09.2025).
16. Объявлены победители VII Всероссийского конкурса проектов инициативного бюджетирования [Электронный ресурс] // Информационно-просветительский проект НИФИ Минфина России Моифинансы.рф. URL: <https://моифинансы.рф/article/obuyavleny-pobediteli-vii-vserossiyskogo-konkursa-proektov-initsiativnogo-byudzhetrovaniya/?ysclid=mn6g1wl4qa770448481> (дата обращения: 03.09.2025).
17. О стратегическом планировании в Российской Федерации: Федеральный закон № 172-ФЗ от 28.06.2014 [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_164841/?ysclid=mtuyvz8x1qd336842505 (дата обращения: 03.09.2025).
18. Панченко О.Л. Развитие сельского туризма в Российской Федерации: информационный обзор [Электронный ресурс]. URL: <https://mcx.gov.ru/search/?q=сельский+туризм&test=test> (дата обращения: 03.09.2025).
19. Пасынков А.Ф. Бюджетные инвестиции в стратегиях развития муниципальных образований // AlterEconomics. № 20(4). С. 876–893. DOI: 10.31063/AlterEconomics/2023.20-4.7.
20. Победители IX Всероссийского конкурса лучших проектов создания комфортной городской среды 2024 год // Минстрой России [Электронный ресурс]. URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/377181> (дата обращения: 03.09.2025).
21. Прибышин Т.К., Гресь Р.А. Флагманские проекты в стратегиях развития городских муниципалитетов Арктической зоны Российской Федерации // Известия Байкальского государственного университета. 2022. Т. 32, № 2. С. 290–301. DOI: 10.17150/2500-2759.2022.32(2).290-301.

22. Прибышин Т.К., Гресь Р.А. Флагманские проекты в стратегиях развития российских муниципалитетов: по материалам конкурса муниципальных стратегий – 2022 // Региональная экономика. Юг России. 2023. Т. 11, № 1. С. 18–30. DOI: 10.15688/re.volsu.2023.1.2.
23. Результаты мониторинга местных бюджетов и межбюджетных отношений в субъектах Российской Федерации на региональном и муниципальном уровнях за 2023 год [Электронный ресурс] // Минфин России. URL: https://minfin.gov.ru/common/upload/library/2024/06/main/Rezultaty_monitoringa_2024.pdf?ysclid=mn4o9qrrk2290354454 (дата обращения: 03.09.2025).
24. Результаты мониторинга местных бюджетов и межбюджетных отношений в субъектах Российской Федерации на региональном и муниципальном уровнях за 2024 год [Электронный ресурс] // Минфин России. URL: https://minfin.gov.ru/common/upload/library/2025/06/main/Rezultaty_monitoringa_mestnykh_budzhetrov.pdf?ysclid=mn4oqu5r5v428684693 (дата обращения: 03.09.2025).
25. Ремизова А.А., Ягодина Н.В. Агломерации как вектор устойчивого развития сельских территорий // Экономика, предпринимательство и право. 2024. Т. 14, № 12. С. 7369–7384. DOI: 10.18334/epp.14.12.122136.
26. Стратегия социально-экономического развития Данковского муниципального района [Электронный ресурс] // Администрация Данковского муниципального округа Липецкой области. Официальный сайт. URL: <https://admdankov.ru/strategiya-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-dankovskogo-munitsipalnogo-rayona/> (дата обращения: 03.09.2025).
27. Стратегия социально-экономического развития Липецкой области на период до 2030 года [Электронный ресурс] // Официальный сайт правительства Липецкой области. URL: https://липецкаяобласть.рф/storage/docs/strategy/strategy_SER_2030.pdf (дата обращения: 03.09.2025).
28. Строев П.В., Пивоварова О.В. Проектный подход как необходимое условие реализации эффективного управления социально-экономическим развитием муниципальных образований // Креативная экономика. 2021 Т. 15, № 6. С. 2661–2672. DOI: 10.18334/ce.15.6.112241.

References

1. Agaeva L.K. Formation of long-term plans for the development of rural agglomerations. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2024;19(2):113-121. DOI: 10.12737/2073-0462-2024-113-121. (In Russ.).
2. Antipin I.A., Vlasova N.Yu. Assessing strategic planning in municipalities: Methodological, practical and managerial aspects. *Upravlenets / The Manager*. 2022;13(5):67-84. DOI: 10.29141/2218-5003-2022-13-5-5. (In Russ.).
3. Bogachev S.V., Arapova E.S. Aspects of taxation of small and medium-sized businesses at the municipal level. *Business. Education. Law*. 2025;2(71):95-102. DOI: 10.25683/VOLBI.2025.71.1286. (In Russ.).
4. Bogachev S.V., Goncharenko L.I., Ivanenko A.S. Strategic planning as a component of the managing the socio-economic development of a municipal district. *Management Sciences*. 2025;15(3):23-35. DOI: 10.26794/2304-022X-2025-15-3-23-35. (In Russ.).
5. Zhikharevich B.S., Pribyshin T.K. Competition of municipal strategies 2022: History of strategic planning and flagship projects. *Regional Economy. South of Russia*. 2023;11(1):4-17. DOI: 10.15688/re.volsu. 2023.1.1. (In Russ.).
6. Ivanov D.S., Avramchikova N.T. Analysis of the fiscal system and budget structure of Canada. *Social and Economic Systems Management*. 2022;1:18-23. (In Russ.).
7. Results of the IX All-Russian Competition of Participatory Budgeting Projects. Ministry of Finance of the Russian Federation. Information and Educational Project of the Financial Research Institute of the Ministry of Finance of the Russian Federation (FRI) Moifinansy.rf. URL: <https://моифинансы.рф/article/itogi-ix-vserossiyskogo-konkursa-proektov-initsiativnogo-byudzhetrovaniya/?ysclid=mn5x7provj546515208>. (In Russ.).
8. Kirillova A.N., Musinova N.N. Implementation of initiative projects as a factor in increasing the capacity of the municipality's territories. *Vestnik Universiteta*. 2022;(9):20-27. DOI: 10.26425/1816-4277-2022-9-20-27. (In Russ.).
9. Kozlova O.A., Makarova M.N. Inter-municipal cooperation as an institution for strategic development of territories. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*. 2018;11(3):132-144. DOI: 10.15838/esc.2018.3.57.9. (In Russ.).
10. Konstantinovich D.A., Mitrofanova Ya.S. Municipal-private partnership as an element of the investment mechanism for the implementation of the strategy of the socio-economic development of the municipality. *First Economic Journal (Bulletin of Transport Information)*. 2022;1(319):44-52. (In Russ.).
11. Merenkova I.N. Theoretical and methodological aspects of economic space of rural areas monitoring. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2024;17(2):149-158. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2024_2_149-158. (In Russ.).
12. Methodological recommendations on the preparation and implementation of proactive budgeting practices in the Russian Federation (approved by the Ministry of Finance of the Russian Federation) (as amended on 05.12.2023). URL: <https://base.garant.ru/409609803/>. (In Russ.).
13. On Approval of the State Program of the Russian Federation "Integrated Rural Development" and on Amendments to Certain Acts of the Government of the Russian Federation: Decree of the Government of the Russian Federation of May 31, 2019 No. 696. URL: <https://base.garant.ru/72260516>. (In Russ.).
14. On Approval of Methodological Recommendations for the Development and Adjustment of the Strategy of Socio-Economic Development of the Subject of the Russian Federation and the Action Plan for its Implementation: Order of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation of 28.03.2017 No. 132. URL: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-minekonomrazvitija-rossii-ot-23032017-n-132-ob-utverzhdenii/>. (In Russ.).

15. On Approval of the Strategy for Sustainable Development of Rural Areas of the Russian Federation for the Period up to 2030: Order of the Government of the Russian Federation of February 02, 2015 No. 151-r (as amended on 13.01.2017). URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=297171&ysclid=mn4he4xkly55127421>. (In Russ.).
16. The winners of the VII All-Russian competition of participatory budgeting projects have been announced. Ministry of Finance of the Russian Federation. Information and Educational Project of the Financial Research Institute of the Ministry of Finance of the Russian Federation (FRI) Moifinansy.rf. URL: <https://моифинансы.рф/article/obuyavleny-pobediteli-vii-vserossijskogo-konkursa-proektov-iniciativnogo-byudzhetrovaniya/?ysclid=mn6g1wl4qa770448481>. (In Russ.).
17. On Strategic Planning in the Russian Federation: Federal Law No. 172-FZ of 28.06.2014. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_164841/?ysclid=mmvz8x1qd336842505. (In Russ.).
18. Panchenko O.L. Development of rural tourism in the Russian Federation. Information Review. URL: <https://mcx.gov.ru/search/?q=сельский+туризм&test=test>. (In Russ.).
19. Pasyukov A.F. Budget Investments in Municipal Development Strategies in Russia. *AlterEconomics*. 2023;20(4):876-893. DOI: 10.31063/AlterEconomics/2023.20-4.7. (In Russ.).
20. Winners of the IX All-Russian Competition of the Best Projects for Creating Comfortable Urban Environment 2024. Ministry of Construction of the Russian Federation. URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/377181>. (In Russ.).
21. Pribyshin T.K., Gres R.A. Flagship projects in the development strategies of urban municipalities of the Arctic zone of the Russian Federation. *Bulletin of Baikal State University*. 2022;32(2):290-301. DOI: 10.17150/2500-2759.2022.32(2).290-301. (In Russ.).
22. Pribyshin T.K., Gres R.A. Flagship projects of development strategies in Russian municipalities according to materials of competition of municipal strategies 2022. *Regional Economy. South of Russia*. 2023;11(1):18-30. DOI: 10.15688/re.volsu.2023.1.2. (In Russ.).
23. Results of monitoring local budgets and interbudgetary relations in the constituent entities of the Russian Federation at the regional and municipal levels for 2023 Ministry of Finance of the Russian Federation. URL: https://minfin.gov.ru/common/upload/library/2024/06/main/Rezultaty_monitoringa_2024.pdf?ysclid=mn4o9qrrk2290354454. (In Russ.).
24. Results of monitoring local budgets and interbudgetary relations in the constituent entities of the Russian Federation at the regional and municipal levels for 2024. Ministry of Finance of the Russian Federation. URL: https://minfin.gov.ru/common/upload/library/2025/06/main/Rezultaty_monitoringa_mestnykh_budzhetrov.pdf?ysclid=mn4oqu5r5v428684693. (In Russ.).
25. Remizova A.A., Yagodina N.V. Agglomerations as a vector of sustainable rural development. *Journal of Economics, Entrepreneurship and Law*. 2024;14(12):7369-7384. DOI:10.18334/epp.14.12.122136. (In Russ.).
26. Strategy for the Socio-Economic Development of the Dankovsky Municipal District. Administration of Dankovsky Municipal District of Lipetsk Oblast. Official Website. URL: <https://admdankov.ru/strategiya-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-dankovskogo-munitsipalnogo-rayona/?ysclid=mfqm6ly8he394017780>. (In Russ.).
27. Strategy for the Socio-Economic Development of Lipetsk Oblast. Official Website of the Government of Lipetsk Oblast. URL: https://липецкаяобласть.рф/storage/docs/strategy/strategy_SER_2030.pdf. (In Russ.).
28. Stroeve P.V., Pivovarov O.V. Project approach as a necessary condition for implementing effective management of socio-economic development of municipalities. *Creative Economy*. 2021;15(6):2661-2672. DOI: 10.18334/ce.15.6.112241. (In Russ.).

Информация об авторах

С.В. Богачев – доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры налогов и налогового администрирования ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», sergeybogachov@yandex.ru.

В.И. Хоружий – доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры налогов и налогового администрирования ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», vikhoruzhij@fa.ru.

А.В. Гурнак – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры налогов и налогового администрирования ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», avgurnak@fa.ru.

Information about the authors

S.V. Bogachev, Doctor of Economics Sciences, Full Professor, Professor, the Dept. of Taxes and Tax Administration, Financial University under the Government of the Russian Federation, sergeybogachov@yandex.ru.

V.I. Khoruzhiy, Doctor of Economics Sciences, Full Professor, Professor, the Dept. of Taxes and Tax Administration, Financial University under the Government of the Russian Federation, vikhoruzhij@fa.ru.

A.V. Gurnak, Candidate of Economics Sciences, Docent, the Dept. of Taxes and Tax Administration, Financial University under the Government of the Russian Federation, avgurnak@fa.ru.

Статья поступила в редакцию 05.12.2025; одобрена после рецензирования 15.01.2026; принята к публикации 20.01.2026.

The article was submitted 05.12.2025; approved after reviewing 15.01.2026; accepted for publication 20.01.2026.

© Богачев С.В., Хоружий В.И., Гурнак А.В., 2026

5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА (ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 339.5

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2026_1_166

EDN: ILAKBY

Анализ современного состояния отрасли птицеводства Белгородской области

Наталья Михайловна Сурай^{1✉}, Елена Эдуардовна Удовик²,
Бэлла Олеговна Хашир³, Анна Александровна Терехова⁴

¹ Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Москва, Россия

² Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

³ Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия

⁴ Поволжский казачий институт управления и пищевых технологий – филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)», Димитровград, Россия

[✉] natalya.mixajlovna.1979@mail.ru

Аннотация. Представлен анализ современного состояния отрасли птицеводства Белгородской области, которая в настоящее время является в РФ лидером на рынке по объемам производства мяса птицы, внося свой вклад в обеспечение продовольственной безопасности страны. Использованы такие методы исследования, как абстрактно-логический, экономико-статистический, аналитический, метод сравнительного анализа, графический. Приведены в динамике важнейшие показатели, характеризующие масштабы отрасли: поголовье птицы, объемы и динамика производства птицеводческой продукции. Производство мяса птицы в ЦФО за последние десять лет выросло на 24,8%, или на 536,6 тыс. т в живой массе, и по итогам 2025 г. составило 2700,4 тыс. т. Объем произведенной в Белгородской области продукции составляет 12% от общероссийских показателей и 30% – от ЦФО (788,4 тыс. т). Промышленные предприятия Белгородской области занимают пять ведущих позиций в рейтинге крупнейших российских производителей по количеству поголовья птицы и достигнутым производственным результатам. Выявлены основные негативные факторы, замедляющие развитие отрасли (дефицит племенного материала, рост цен на корма, витамины, медикаменты, трудности с привлечением инвестиций). Показано, что для развития АПК Белгородской области необходимо наращивание и модернизация производственных мощностей перерабатывающих предприятий, развитие производства конкурентоспособной, экологически безопасной продукции, формирование и развитие стабильных каналов сбыта. Основными направлениями и возможностями для роста в птицеводстве исследуемого региона являются: внедрение ресурсосберегающих технологий и технологий глубокой переработки сырья, использование новых методов селекции птиц, обеспечение экологической безопасности производства, расширение ассортимента и повышение качества конечной продукции, внедрение системы прослеживаемости продукции, а также увеличение экспортного потенциала и внедрение цифровых технологий в управление производственными процессами.

Ключевые слова: птицеводство, Белгородская область, мясо птицы, куриные яйца, негативные факторы развития, риски, перспективные направления развития

Для цитирования: Сурай Н.М., Удовик Е.Э., Хашир Б.О., Терехова А.А. Анализ современного состояния отрасли птицеводства Белгородской области // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, № 1(88). С. 166–179. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_166-179.

5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS (ECONOMIC SCIENCES)

Original article

Analysis of the current state of the poultry industry in Belgorod Oblast

Natalya M. Suray^{1✉}, Elena E. Udovik², Bella O. Khashir³, Anna A. Terekhova⁴

¹ Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

² Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

³ Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia

⁴ Volga Region Cossack Institute of Management and Food Technologies – Branch of K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management (the First Cossack University), Dimitrovgrad, Russia

[✉] natalya.mixajlovna.1979@mail.ru

Abstract. The authors present an analysis of the current state of the poultry industry in Belgorod Oblast, which is now the market leader in the Russian Federation in terms of poultry meat production, contributing to ensuring the country's food security. Such research methods as abstract-logical, economic-statistical, analytical, method of

comparative analysis, graphic were used. The dynamics of the most important indicators characterizing the scale of the industry are given, i.e. poultry population, volumes and dynamics of poultry production. Poultry meat production in the Central Federal District has increased by 24.8% over the past ten years, or by 536.6 thousand tons in live weight, and by the end of 2025 amounted to 2,700.4 thousand tons. The volume of production in Belgorod Oblast is 12% of the national figures and 30% of the Central Federal District (788.4 thousand tons). Industrial enterprises of Belgorod Oblast occupy five leading positions in the ranking of the largest Russian producers in terms of the number of poultry and the achieved production results. The main negative factors slowing down the development of the industry (shortage of breeding material, rising prices for feed, vitamins, medicines, difficulties in attracting investments) have been identified. It is shown that for the development of the Agro-Industrial Complex of Belgorod Oblast, it is necessary to increase and modernize the production capacities of processing enterprises, develop the production of competitive, environmentally friendly products, and form and develop stable sales channels. The main directions and opportunities for growth in poultry farming in the region under study are: the introduction of resource-saving technologies and technologies for deep processing of raw materials, the use of new methods of breeding birds, ensuring the environmental safety of production, expanding the range and improving the quality of final products, the introduction of a product traceability system, as well as increasing export potential and the introduction of digital technologies in the management of production processes.

Keywords: poultry farming, Belgorod Oblast, poultry meat, chicken eggs, negative development factors, risks, promising areas of development

For citation: Suray N.M., Udovik E.E., Khashir B.O., Terekhova A.A. Analysis of the current state of the poultry industry in Belgorod Oblast. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(1):166-179. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_166-179.

Введение
Мясо птицы – самый популярный и доступный источник животного белка в мире. Глобальная востребованность мяса птицы исторически обусловлена как его высокой питательностью и доступностью, так и культурно-религиозными факторами. Мировое производство мяса птицы продолжает демонстрировать положительную динамику, и в 2026 г. ожидается рост на 2,5% [7].

Отметим, что мировое производство мяса птицы за 2019–2024 гг. увеличилось на 6,2% (или 8,3 млн тонн) – до 141,9 млн тонн. По итогам 2025 г. мировое производство мяса бройлеров составило 107,6 млн т [17]. В России по предварительным итогам 2025 г. объем производства мяса птицы на убой в живой массе во всех категориях хозяйств превысил уровень 2024 г. на 1,8% и составил 7,3 млн т [17], что соответствует четвертой позиции в мировом рейтинге по объемам выработки мяса птицы.

Мировой объем производства пищевых яиц составил 1,78 триллиона шт. в 2024 г. Россия по итогам 2025 г. произвела 48,6 млрд шт. пищевых яиц, что на 4,3% больше, чем в 2024 г. (это примерно 2,6% от глобального объема), и занимает седьмое место в мире по данному показателю [13].

Устойчивость спроса на мясо птицы обусловлена его высокой востребованностью и ценовой конкурентоспособностью. В структуре мирового потребления мяса птица занимает второе место после свинины, с долей 34% от общего объема мяса основных видов. По прогнозам ФАО, к 2032 г. глобальное потребление мяса птицы увеличится на 15%, а в странах с высоким уровнем дохода потребление белка мяса птицы вырастет на 17,8% к 2030 г. [5]. Тем не менее изменения в потребительских предпочтениях, старение населения и замедление темпов его роста приведут к сглаживанию потребления мяса на душу населения и повышению спроса на диетические сорта мяса. Значительный рост потребления мяса на душу населения прогнозируется в Азии и Тихоокеанском регионе.

Продукция птицеводства занимает 33–35% в структуре рациона питания населения России. Мясное направление в птицеводстве представлено в основном индустриальным сегментом, доля которого составляет 93% от общего объема производства мяса птицы. В России удельный вес мяса птицы в общем объеме производства мяса составляет 50,2% [12]. В промышленном секторе доля производства яиц составляет 82%. На региональном уровне ключевое место занимают птицефабрики, располагающиеся в Центральном (38,7%) и Приволжском федеральных округах (23,9%). В 2026 г., по прогнозу Росптицесоюза, производство мяса птицы в РФ составит 5,6 млн т в убойном весе, что на 1,2%, или 70–80 тыс. т, больше показателя 2025 г. Это было отмечено гендиректором организации Г. Бобылевой на международной научно-практической конференции

«Птицеводство будущего: векторы экономического успеха». Экспорт мяса птицы, как ожидают в союзе, по итогам года увеличится на 6,4%, или на 27,3 тыс. т [9].

Представлены результаты исследования современного состояния отрасли птицеводства в Белгородской области, которая в настоящее время в России является лидером на рынке по объемам производства мяса птицы, внося свой вклад в обеспечение продовольственной безопасности страны.

Материалы и методы

Методологической основой исследований явились научные разработки отечественных и зарубежных авторов, изучающих проблемы отрасли мясного птицеводства, пути повышения его эффективности, современные ресурсосберегающие технологии промышленного производства мяса птицы. Использованы следующие методы исследования: абстрактно-логический, экономико-статистический, аналитический, метод сравнительного анализа, графический, а также статистические и аналитические материалы Федеральной службы государственной статистики РФ, Федеральной службы государственной статистики по Белгородской области.

Результаты и их обсуждение

Производство мяса птицы в России – это высокконцентрированный и растущий рынок, где свыше 90% объема продукции поставляют крупные сельскохозяйственные организации, демонстрирующие стабильную положительную динамику. В разрезе федеральных округов по производству мяса птицы в сельхозорганизациях в 2025 г. сохраняют лидерство ЦФО с долей 39% и ПФО с долей 25%. Производство мяса птицы в Центральном федеральном округе за последние десять лет выросло на 24,8%, или на 536,6 тыс. т в живой массе, и по итогам 2025 г. составило 2700,4 тыс. т.

Белгородская область является регионом, имеющим высокий уровень развития агропромышленного комплекса и занимающим лидирующие позиции на продовольственном рынке России по производству мяса птицы. Агропромышленный комплекс Белгородской области демонстрирует высокую динамику развития, обеспечивая продовольственную безопасность страны. Аграрный сектор составляет 30% в структуре валового регионального продукта [6]. Область по итогам 2025 г. в рейтинге конкурентоспособности российских регионов заняла 17-е место с показателем 64,78 балла [3].

Объем произведенной птицеводческой продукции в регионе составляет 12% от общероссийских показателей и 30% – от Центрального федерального округа. Белгородская область занимает ведущие позиции в рейтинге отечественных регионов по объемам производства мяса птицы в сельскохозяйственных организациях: предприятия региона входят в пятерку крупнейших российских производителей по разведению сельскохозяйственной птицы и достигнутым производственным показателям (рис. 1) [11].

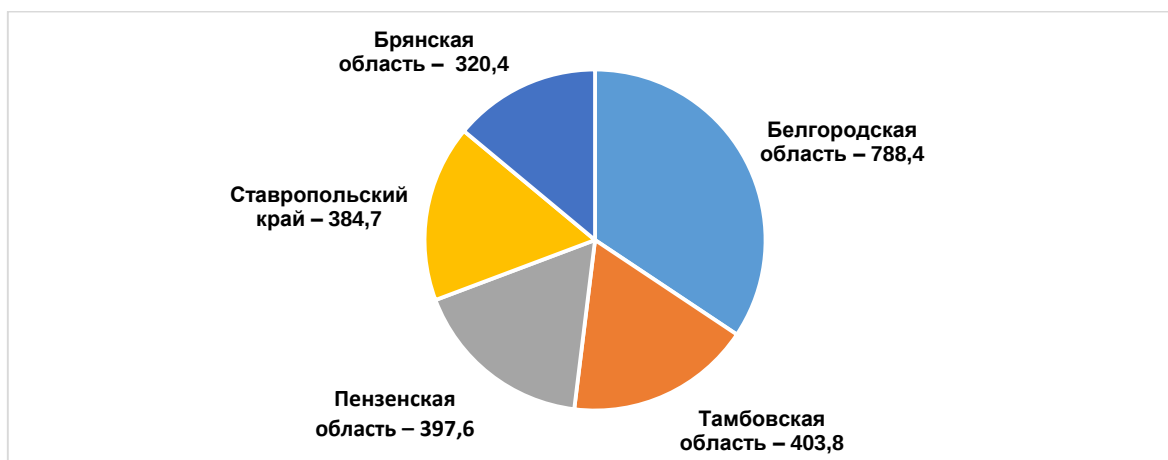


Рис. 1. Топ-5 ведущих регионов по объемам производства мяса птицы в России, 2025 г., тыс. т в живой массе

Источник: составлено авторами по данным [11].

Белгородская область также находится на лидирующих позициях по количеству сельскохозяйственной птицы, производя 10% от общего поголовья в России. По информации Росстата, по состоянию на 01 января 2026 г. на территории области оно составило 45,27 млн гол. [11] (рис. 2). По оперативным данным Белгородстата на 01 февраля 2026 г. поголовье птицы в хозяйствах всех категорий насчитывало 46464,1 тыс. гол.

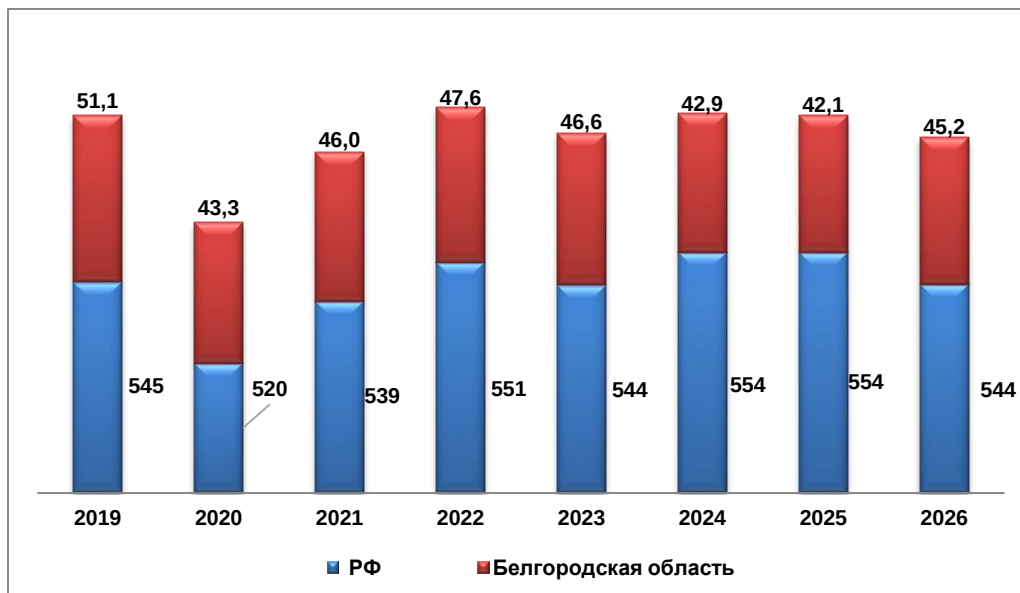


Рис. 2. Поголовье птицы в категориях всех хозяйств в России и Белгородской области за период 2019–2026 гг. (на конец года), млн гол.

Источник: составлено авторами по данным [1, 8, 14].

По диаграмме, представленной на рисунке 3, можно отметить, что в 2024 г. по сравнению с 2019 г. количество птицы по всем категориям хозяйств уменьшилось на 8110,3 тыс. гол., или на 15,9%, в том числе в сельскохозяйственных организациях региона – на 7143,0 тыс. гол. [1]. В данном случае имеет место негативный мультипликативный эффект от сокращения числа хозяйств населения, крестьянских (фермерских) хозяйств, а также «вытеснения» крупными агрохолдингами жителей сельских территорий, выезжающих за пределы области в поисках работы.



Рис. 3. Поголовье птицы по категориям хозяйств Белгородской области в 2019–2024 гг., тыс. гол.

Источник: составлено авторами по данным [1].

По итогам 2025 г. в сельскохозяйственных организациях содержалось птицы 93% от всего поголовья в регионе. По производству птицы на убой (в живом весе) регион занимал первое место, обеспечивая порядка 15% от общероссийских показателей (рис. 4).

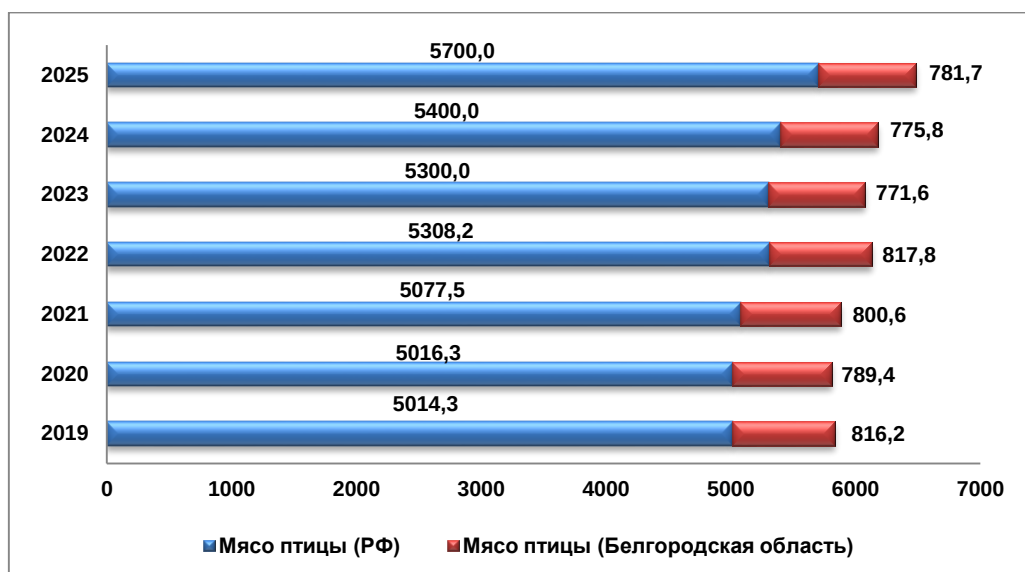


Рис. 4. Производство мяса птицы (на убой в живом весе) в России и Белгородской области, тыс. т
Источник: составлено авторами по данным [1, 8, 14].

Основными производителями мяса птицы в регионе являются сельскохозяйственные организации, которые по итогам 2024 г. произвели мяса птицы в убойном весе 557,6 тыс. т. Объемы производства мяса птицы в хозяйствах населения и крестьянских (фермерских) хозяйствах с 2019 г. оставались на одном уровне – соответственно 5,0 и 0,1 тыс. т (рис. 5).

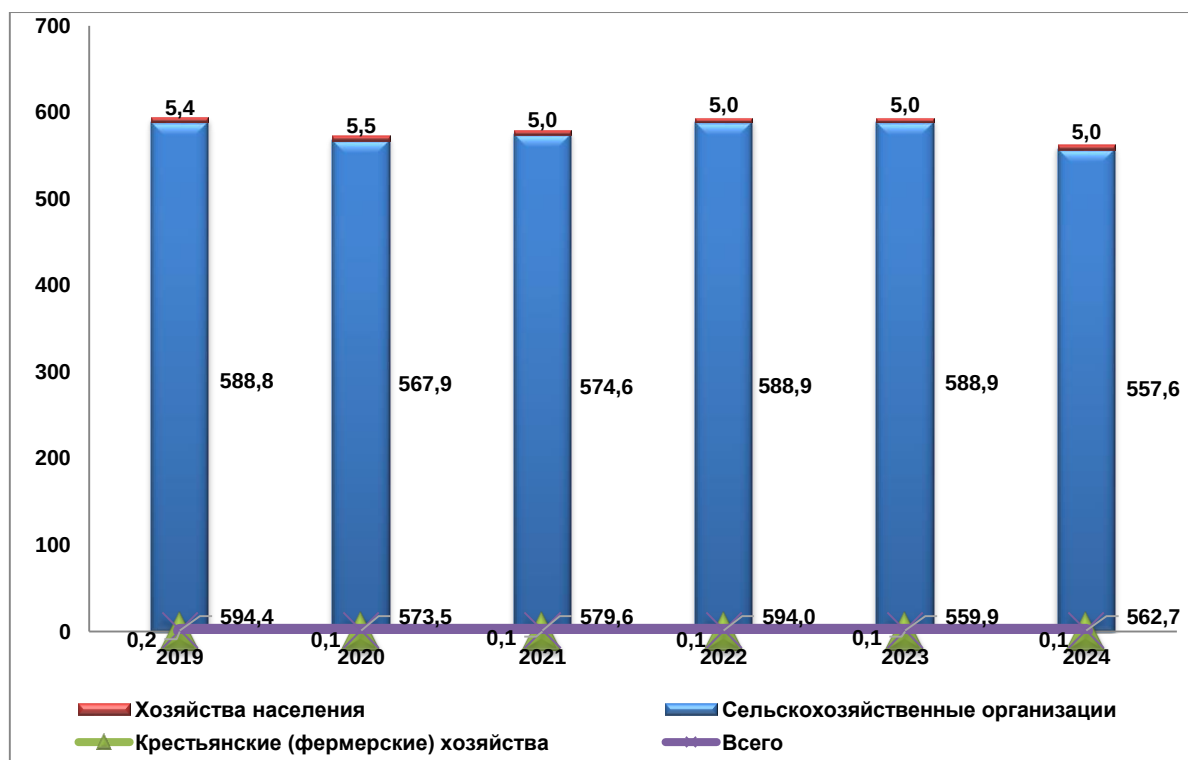


Рис. 5. Производство птицы на убой (в убойном весе) в Белгородской области, тыс. т
Источник: составлено авторами по данным [1].

В настоящее время материально-техническая база аграрного производства региона в основном создана. Этап технико-технологического формирования отрасли близок к завершению. Количественный прирост показателей сегодня уже не столь масштабен и динамичен, как в предыдущие годы, и драйвером развития АПК на ближайшую перспективу может и должно стать повышение его экспортного потенциала. Белгородская область входит в десятку регионов с наибольшим объемом экспорта продукции АПК, осуществляя поставки более 100 видов на внешние рынки.

По сути, Белгородская область становится чистым экспортером, что укрепляет продовольственную безопасность России и повышает ее роль на глобальном рынке. В I квартале 2026 г. область экспортировала в Азербайджан 576 тыс. шт. инкубационных яиц [2]. Мясо птицы, произведенное в Белгородской области, экспортируют в основном в Гонконг, ОАЭ, страны Ближнего Востока и Юго-Восточной Азии. Экспортируемая продукция соответствует требованиям стран-импортеров, а ее качество и безопасность подтверждаются протоколами испытаний аккредитованных лабораторий. В реестре предприятий-экспортеров, зарегистрированных в информационной системе «Цербер», числится 105 хозяйствующих субъектов из Белгородской области, из них 87 – предприятия, которые производят продукцию, находящуюся под ветеринарным контролем, и 18 трейдеров. Около 33 предприятий-производителей и 3 трейдера экспортируют свою продукцию в 14 стран. С 2022 г. белгородские сельскохозяйственные производители переориентировались с европейских рынков на продажи в страны Африки и Азии.

Секретарь Министерства сельского хозяйства Гамбии Хассан Джаллоу сообщил о намерении установить торговый хаб по продаже продукции компаний из Белгородской области, предназначенный для экономического сообщества западноафриканских государств, включающего более 420 млн потребителей. Население Гамбии оценивается примерно в 2,3 млн чел., причем 90% из них исповедуют ислам, что делает птицу самым востребованным видом мяса. Одной из основных проблем развития птицеводства в Гамбии является дефицит высококачественных кормов, поэтому планируется внедрить технологию производства комбикормов в компании «БЭЗРК-Белгранкорм».

Белгородская область уверенно удерживает второе место в ЦФО и пятое в России по объемам производства куриного яйца. В 2025 г. данный показатель в РФ составил 48,6 млрд шт., что на 4,3% больше, чем в 2024 г. Производство куриных яиц в ЦФО выросло в 2025 г. на 6,7% в сравнении с 2024 г. и составило более 11 млрд шт. По данным за 2025 г. в Белгородской области произведено 1645,6 млн шт. яиц во всех категориях хозяйств, что составляет 3,4% к производству в РФ и 15% к производству в ЦФО (рис. 6).

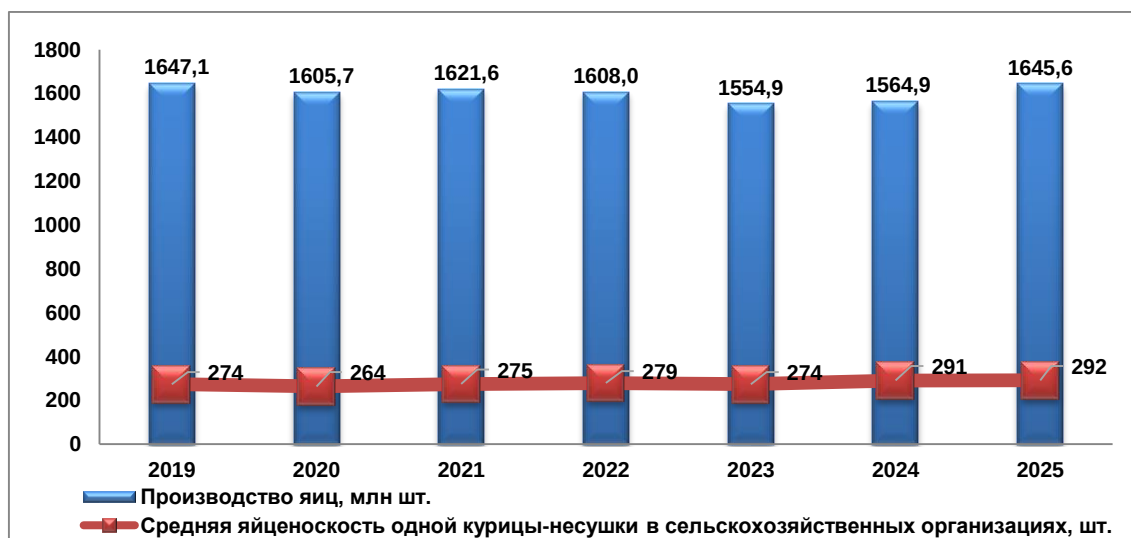


Рис. 6. Производство яиц и продуктивность птицы в Белгородской области, 2019–2025 гг.

Источник: составлено авторами по данным [1].

Обеспечивают такой рост исключительно крупные индустриальные производители. Если в 2024 г. ими было выпущено свыше 1,4 млрд шт. яиц, то в 2025 г. – более 1,5 млрд шт. При этом и крестьянские (фермерские) хозяйства, и хозяйства населения для собственных нужд производят все меньше. В сравнении с 2024 и 2025 гг. в К(Ф)Х статистика показывает снижение с 2,7 до 2,6 млн шт., в личных подворьях – со 117,2 до 116 млн шт. Самообеспеченность Белгородской области пищевым яйцом достигает 200%. В расчете на одного человека в Белгородской области производят 320 шт. яиц. Отметим, что основными производителями товарного яйца в области являются ООО «Белянка» (входит в ГК «Лето»), АО Агрофирма «Русь», ООО «Реал Инвест», ООО «АГРОРУСЬ».

В состав птицеводческого кластера, сформированного на основе государственно-частного партнерства правительства Белгородской области и крупных агрохолдингов, входят АО «Приосколье», Агрохолдинг «БЭЗРК-Белгранкорм» и др. Эти компании представляют собой группы технологически взаимосвязанных компаний с замкнутым циклом производства – от кормов, получения молодняка, его откорма до забоя и глубокой переработки сырья, использующих современные отечественные инновационные технологии и генетические материалы, а также производящие продукцию с высокой долей добавленной стоимости. Предприятия кластера расположены на территориях 12 районов и 5 городских округов области.

Лидерами отрасли птицеводства Белгородской области являются АО «Приосколье» и ООО «Белгранкорм» (рис. 7).

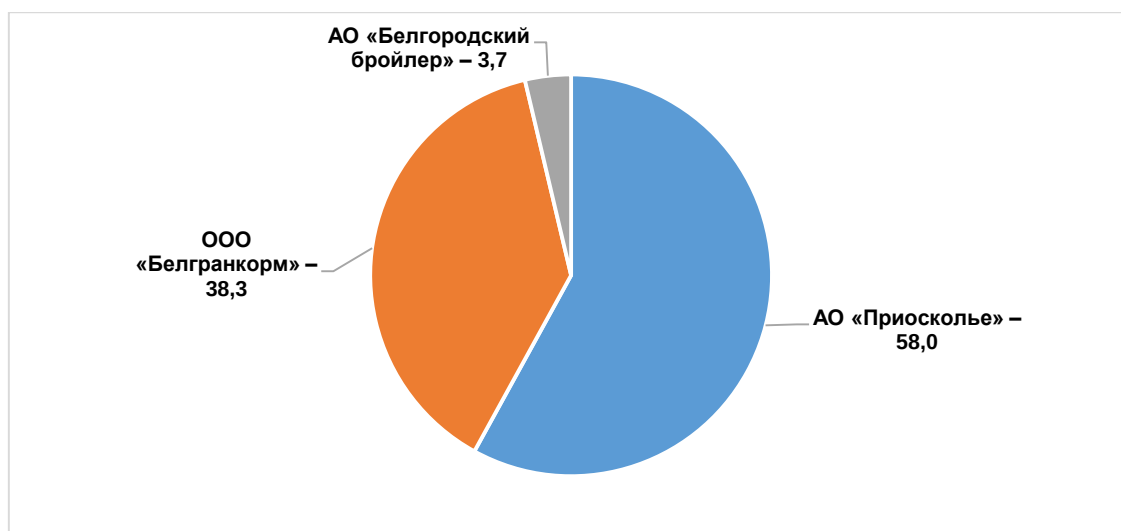


Рис. 7. Доли крупных птицеводческих предприятий Белгородской области в региональном объеме производства мяса птицы (в живом весе), %

Источник: составлено авторами по данным [10].

Рост объемов производства мяса птицы в регионе объясняется наличием развитой материально-технической базы в птицеводческой отрасли, а также применением цифровых инновационных технологий. АО «Приосколье» является одним из ведущих производителей мяса бройлеров в Белгородской области, которая занимает лидирующие позиции в производстве мяса птицы на федеральном уровне. В компании функционирует 16 откормочных площадок с установленной производственной мощностью. В 2025 г. АО фирма «Агрокомплекс» им. Н.И. Ткачева выкупила АО «Приосколье», увеличив показатели производства мяса бройлеров с 436 до 891 тыс. т [10].

Помимо указанных ранее организаций птицеводческой деятельностью в области занимаются: агрохолдинг «Белая птица», АО «Вейделевский Бройлер», ООО «Ракитянская инкубаторно-птицеводческая станция», ООО «Русь-Племптица», ООО «Белянка», АО Агрофирма «Русь». В числе предприятий, занимающихся выращиванием кур, следует выделить ООО «Оскольская индейка», ООО «Оскольский фазан» и ООО «Перепелиная ферма Чернянская».

Агропромышленный холдинг «БЭЗРК-Белгранкорм» является одним из лидеров в производстве мяса птицы в России. По результатам 2025 г. холдинг занимает пятую позицию, имея долю 4,4% от общего объема производства мяса птицы в стране (см. табл.). Птицефабрики данного холдинга оснащены современным высокотехнологичным оборудованием, в том числе автоматизированными системами для кормления, поения и контроля микроклимата от ведущих мировых производителей, таких как Big Dutchman (Германия), VDL Agrotech и Venkomatik (Нидерланды), а также Roxell (Бельгия). Для эффективного и бережного отлова птицы используются специализированные машины от компаний Chicken Cat (Нидерланды), Apollo и Ciemmecalabria (Италия). Также следует отметить, что птицефабрика ООО «Белянка» принимает участие в национальном проекте «Производительность труда».

**Производственно-экономические показатели крупных птицеводческих предприятий
Белгородской области по состоянию на 01.07.2023**

Показатели	АО «Приосколье»	ООО «Белгранкорм»	АО «Белгородский бройлер»
Поголовье птицы, тыс. гол.	23591,4	10832,9	4567,2
Производство яиц, тыс. шт.	158 972	47 056	47 956
Производство мяса бройлеров в живом весе, т	451 000	283 000	–
Производство птицы на убой (в живой массе), т	228 494	108 231	51 066
Выручка, млрд руб.	57,0	34,7	2,5
Себестоимость продаж, млрд руб.	39,45	27,1	1,7
Затраты корма на 1 ц привеса бройлера, ц к. ед.	1,59	1,77	1,63
Затраты корма на 1000 шт. яиц, ц к. ед.	2,40	2,50	2,70
Чистая прибыль, млрд руб.	15,5	6,9	0,54
Рентабельность продаж, %	25,5	15,5	23,0

Источник: составлено авторами на основе собственных расчетов.

Продукция птицеводческого кластера пользуется спросом как в регионе, так и за его пределами. Благодаря внедрению современных технологий и достижениям в области генетики, а также применению замкнутого цикла производства обеспечивается высокое качество товаров, выпускаемых под марками «Ясные зори» и «Приосколье». Мероприятия по повышению производительности будут осуществляться с поддержкой специалистов регионального центра компетенций в данной сфере.

Вывести отрасль птицеводства на качественно новый уровень можно только при условии создания и усовершенствования вертикально интегрированной системы управления и хозяйствования, объединив усилия и возможности инвесторов, агрохолдинговых компаний, сельскохозяйственных предприятий, органов исполнительной власти области и органов местного самоуправления, кредитных ресурсов, частных капиталов, государственной поддержки.

Производители мяса птицы отмечают, что основными негативными факторами, замедляющими развитие отрасли, являются дефицит племенного материала, рост цен на корма, кормовые витамины и медикаменты, а также трудности с привлечением инвестиционного финансирования. Кроме того, птицеводство подвержено ряду рисков, которые негативно влияют на производственные показатели, здоровье птицы и, как следствие, на экономическую эффективность деятельности предприятий. С учетом достигнутого уровня развития сельского хозяйства в регионе возникли новые риски, связанные с экономической обстановкой, введением санкционных ограничений в отношении Российской Федерации. По степени влияния на развитие отрасли на рисунке 8 представлены риски, относящиеся к срочным или критичным, которые требуют первоочередного реагирования и повышенного внимания.

С целью минимизации рисков, по мнению экспертов, необходимо перейти к новой инновационной модели, которая будет отличаться интенсивным развитием отрасли с применением цифровых «умных» технологий и экологически чистых методов производства.

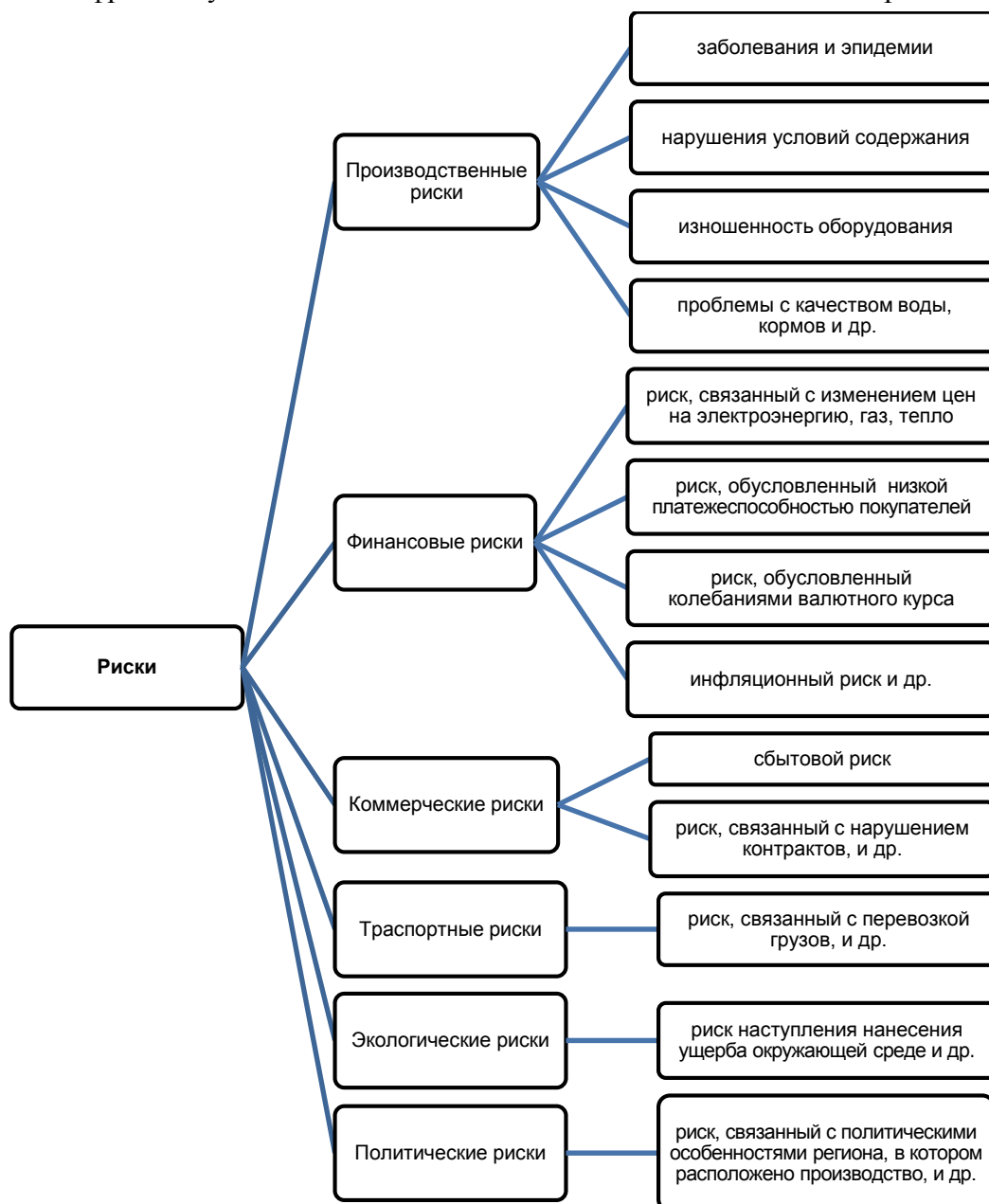


Рис. 8. Риски, влияющие на развитие птицеводческой отрасли в Белгородской области

Источник: составлено авторами на основании обобщения данных литературных источников [15, 16].

Дальнейшее долгосрочное стратегическое развитие птицеводческой отрасли Белгородской области связано с наличием комплекса факторов, способствующих развитию птицеводства в Белгородской области (рис. 9).



Рис. 9. Факторы, способствующие развитию птицеводства в Белгородской области

Источник: составлено авторами по данным [6].

Заключение

В последние годы отмечается устойчивый рост потребления мяса птицы, что обусловлено увеличением доходов населения, изменениями в рационе питания и возрастанием интереса к продуктам из мяса птицы, а также развитием сферы фаст-фуда. Рынок мяса бройлеров в Белгородской области является одним из наиболее стремительно развивающихся сегментов агропромышленного комплекса.

Благодаря государственной поддержке птицеводческая отрасль в Белгородской области демонстрирует активный рост. Государство оказывает помощь данной сфере, применяя такие методы, как:

- субсидирование процентных ставок по кредитам, полученным на развитие птицеводства;
- предоставление грантов на строительство и модернизацию птицеводческих предприятий;
- компенсация части затрат на корма и ветеринарные препараты и др.

Важным звеном в развитии агропромышленного комплекса Белгородской области является наращивание и модернизация производственных мощностей перерабатывающих предприятий, развитие производства конкурентоспособной, экологически безопасной сельскохозяйственной продукции, формирование и развитие стабильных каналов сбыта.

Показано, что рост производства мяса птицы и куриного яйца обеспечивают исключительно крупные промышленные производители. Главным преимуществом предприятий, которые работают в системе интегрированных структур агрохолдинговых компаний, является система полного замкнутого цикла всех производственных процессов от

производства зернофуража на собственных землях и комбикормов на своих предприятиях до убоя и реализации готовой продукции через собственную сеть фирменной торговли по системе «от поля до прилавка».

Агрохолдинговые компании имеют:

- земельные угодья;
- комбикормовую промышленность с современным импортным сушильным оборудованием;
- племптицерепродукторы;
- инкубаторные парки;
- площадки по откорму бройлеров;
- линии по убою и глубокой переработке сырья;
- фирменную торговую сеть в регионе, крупных центрах и мегаполисах Российской Федерации.

Основные мероприятия для устойчивого развития отрасли птицеводства в Белгородской области представлены на рисунке 10.



Рис. 10. Мероприятия, направленные на устойчивое развитие отрасли птицеводства в Белгородской области

Источник: составлено авторами с использованием [4].

Комплекс перечисленных мероприятий должен выполняться с применением программного и проектного методов управления на основе государственно-частного партнерства. В частности, программный подход позволит обеспечить распределение реализуемых мероприятий по конкретным исполнителям, срокам, ресурсам, организовать профессиональный процесс управления, контроля и неукоснительного выполнения. Для обеспечения экологической безопасности и охраны окружающей среды реализуются мероприятия, направленные на создание производственных мощностей по переработке помета птицы и производству органических удобрений.

Учитывая достижения предыдущих лет, 2026 год будет для птицеводов и в первую очередь для производителей яиц годом вынужденных, но необходимых инвестиций в технологии. Конкурентное преимущество будут формировать следующие направления:

- полная автоматизация и роботизация процессов. Речь идет о внедрении «темных» (безлюдных) птичников, где все процессы – от подачи корма и воды, сбора яиц до контроля микроклимата и удаления помета – управляются автоматизированными системами и роботами. Это не только радикально снижает зависимость от человеческого труда и связанных с ним рисков (биобезопасность, кадровый дефицит), но и обеспечивает невиданный ранее уровень точности и постоянства условий содержания, что напрямую влияет на продуктивность и сохранность поголовья;

- энергосберегающие технологии и «зеленая» трансформация. Рост тарифов на энергоресурсы делает этот вопрос критическим. Внедрение высокоэффективных систем вентиляции и рекуперации тепла, использование альтернативных источников энергии (солнечные панели, биогазовые установки на основе отходов), энергоэффективные светодиодные системы освещения с адаптивным спектром – все это становится не статьей расходов, а инструментом снижения себестоимости;

- цифровизация и предиктивная аналитика. Внедрение интеллектуальных систем на базе IoT (Интернет вещей) и искусственного интеллекта для мониторинга здоровья птицы в режиме реального времени, анализа потребления корма и воды, прогнозирования продуктивности и раннего выявления заболеваний, что позволяет перейти от реагирования на проблемы к их предотвращению;

- генетика и точное кормление. Инвестиции в племенное стадо высших порядков и персонализированные программы кормления, оптимизированные с помощью ПО, позволят максимизировать генетический потенциал птицы, снижая конверсию корма и улучшая качество продукции.

Отрасль стоит на пороге формирования нового технологического уклада, где главными драйверами станут не гектары площадей и миллионы голов, а показатели эффективности: значения конверсии корма, энергопотребления на тысячу яиц, процент выхода продукции и уровень автоматизации. Те, кто сделает ставку на интеллектуальные технологии и радикальное повышение производительности труда, не просто переживут текущий кризис, но и заложат основу для лидерства в следующем десятилетии. Птицеводство России из индустриальной фазы начинает переход в фазу цифровую и высокотехнологичную, и альтернативы этому пути уже не существует.

Список источников

1. Белгородская область в цифрах. 2025: Краткий статистический сборник. Белгород: Белгородстат, 2025. 220 с.
2. В январе-марте Белгородская область экспортировала 47,7 тысячи тонн аграрной продукции [Электронный ресурс] // Независимый портал для специалистов мясной индустрии «Мясной Эксперт». Дата публикации: 08.04.2026. URL: <https://meat-expert.ru/news/19981-v-ianvare-marte-belgorodskaya-oblast-eksportirovala-477-tysiaci-tonn-agrarnoi-produkcii> (дата обращения: 10.04.2026).
3. Итоговый рейтинг регионов России – 2025 [Электронный ресурс] // РИА Новости. Сетевое издание. Дата публикации: 22.12.2025. URL: <https://ria.ru/20251222/itogi-2062459561.html> (дата обращения: 17.01.2026).
4. Климов А.Г. Итоги 2025 года и перспективы птицеводства России. Модернизация как императив выживания [Электронный ресурс] // Портал промышленного производства. Дата публикации: 30.01.2026. URL: <https://pticainfo.ru/news/itogi-2025-goda-i-perspektivy-ptitsevodstva-rossii-modernizatsiya-kak-imperativ-vyzhivaniya/> (дата обращения: 04.02.2026).
5. Мамонтов А. Мировые прогнозы рынка мяса до 2030. Где будет расти потребление и производство [Электронный ресурс] // Сайт БКС Экспресс (Брокеркредисервис). Дата публикации: 22.07.2022. URL: <https://bcs-express.ru/novosti-i-analitika/mirovye-prognozy-rynka-miasa-do-2030-gde-budet-rasti-potreblenie-i-proizvodstvo> (дата обращения: 04.12.2025).
6. Об утверждении государственной программы Белгородской области «Развитие сельского хозяйства и рыбоводства в Белгородской области»: постановление Правительства Белгородской области от 25.12.2023 № 751-пп [Электронный ресурс] // Официальное опубликование правовых актов. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/3100202312290002> (дата обращения: 04.12.2025).
7. Прогнозы мирового производства мяса птицы на 2026 год: тенденции и вызовы [Электронный ресурс] // Портал промышленного производства. Дата публикации: 22.01.2026. URL: <https://pticainfo.ru/news/prognozy-mirovogo-proizvodstva-myasa-ptitsy-na-2026-god-tendentsii-i-vyzovy/> (дата обращения: 30.01.2026).
8. Производство мяса в Белгородской области в 2025 г. снизилось на 1,7%, молока – выросло на 2,9% [Электронный ресурс] // Интерфакс-Россия. Сетевое издание. Дата публикации: 30.12.2025. URL: <https://www.interfax-russia.ru/center/news/proizvodstvo-myasa-v-belgorodskoy-oblasti-v-2025g-snizilos-na-1-7-moloka-vyroslo-na-2-9> (дата обращения: 30.01.2026).
9. Производство мяса птицы в России в 2026 году может увеличиться на 1,2% [Электронный ресурс] // ФГБУ «Центр Агроаналитики». Дата публикации: 13.02.2026. URL: <https://specagro.ru/news/202602/proizvodstvo-myasa-pticy-v-rossii-v-2026-godu-mozhet-velichitsya-na-12> (дата обращения: 15.02.2026).
10. Пустовойтова М. Рейтинг крупнейших производителей мяса бройлеров [Электронный ресурс] // Животноводство России. Научно-практический журнал для руководителей и специалистов АПК. Дата публикации: 12.02.2026. URL: <https://zsr.ru/news/rejting-krupneyshikh-proizvoditeley-myasa-broylerov-0> (дата обращения: 15.04.2026).
11. Регионы России. Социально-экономические показатели [Электронный ресурс] // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. Статистические издания. URL: <https://www.rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения: 20.02.2026).
12. Российский экспорт мяса птицы: проблемы и перспективы [Электронный ресурс] // Сектор Медиа. URL: <https://sectormedia.ru/news/ptitsevodstvo/rossiyskiy-eksport-myasa-ptitsy-problemy-i-perspektivy/> (дата обращения: 09.02.2026).
13. РФ в 2025 году увеличила экспорт яиц в 1,6 раза и снизила их импорт на 13% [Электронный ресурс] // Интерфакс. Сетевое издание. Дата публикации: 11.02.2026. URL: <https://www.interfax.ru/business/1072187> (дата обращения: 20.02.2026).
14. Сельское хозяйство в России. 2025: Стат. сборник. Москва: Росстат, 2025. 81 с.
15. Фисинин В. Мировое и отечественное птицеводство. Динамика и перспективы развития, реалии и вызовы будущего. Результаты работы яичного и мясного птицеводства России в 2023 году [Электронный ресурс] // Ценовик – сельскохозяйственное обозрение (для руководителей и специалистов АПК). Дата публикации: 06.11.2024. URL: <https://www.tsenovik.ru/articles/vystavki-i-meropriyatiya/mirovoe-i-otechestvennoe-ptitsevodstvo/> (дата обращения: 27.03.2024).
16. Халимбекова А.М. Качественный анализ хозяйственных рисков на птицеводческих предприятиях Республики Дагестан // Региональные проблемы преобразования экономики. 2009. № 1(18). С. 169–178.
17. Цындрин Ю. Динамика развития российского рынка мяса остается положительной // Животноводство России. Научно-практический журнал для руководителей и специалистов АПК. 2026. № 4. С. 6–10.

References

1. Belgorod region in numbers. 2025: short statistical digest. Belgorod: Belgorodstat Publishers; 2025. 220 p. (In Russ.).
2. In January-March, Belgorod Oblast exported 47.7 thousand tons of agricultural products. Independent portal for meat industry specialists "Meat Expert". Publication date: 08.04.2026. URL: <https://meat-expert.ru/news/19981-v-ianvare-marte-belgorodskaya-oblast-eksportirovala-477-tysiaci-tonn-agrarnoi-produkcii>. (In Russ.).
3. The final rating of the regions of Russia for 2025. RIA Novosti. Web Publishing. Publication date: 22.12.2025. URL: <https://ria.ru/20251222/itogi-2062459561.html>. (In Russ.).

4. Klimov A.G. Results of 2025 and prospects of poultry farming in Russia. Modernization as an imperative of survival. Industrial Production Portal. Publication date: 30.01.2026. URL: <https://pticainfo.ru/news/itogi-2025-goda-i-perspektivy-ptitsevodstva-rossii-modernizatsiya-kak-imperativ-vyzhivaniya/>. (In Russ.). (In Russ.).
5. Mamontov A. Global forecasts of the meat market until 2030. Where consumption and production will grow. BCS Express Website. Publication date: 22.07.2022. URL: <https://bcs-express.ru/novosti-i-analitika/mirovye-prognozy-rynka-miasa-do-2030-gde-budet-rasti-potreblenie-i-proizvodstvo>. (In Russ.).
6. On approval of the State Program of Belgorod Oblast "Development of agriculture and fish farming in Belgorod Oblast": Decree of the Government of Belgorod Region Oblast of December 25, 2023 No. 751-pp. Official Publication of Legal Acts. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/3100202312290002>. (In Russ.).
7. Forecasts of global poultry meat production for 2026: trends and challenges. Industrial Production Portal. Publication date: 22.01.2026. URL: <https://pticainfo.ru/news/prognozy-mirovogo-proizvodstva-myasa-ptitsy-na-2026-god-tendentsii-i-vyzovy/>. (In Russ.).
8. Meat production in Belgorod Oblast decreased by 1.7% in 2025, milk production increased by 2.9%. Interfax-Russia. Web Publishing. Publication date: 30.12.2025. URL: <https://www.interfax-russia.ru/center/news/proizvodstvo-myasa-v-belgorodskoy-oblasti-v-2025g-snizilos-na-1-7-moloka-vyroslo-na-2-9>. (In Russ.).
9. Poultry meat production in Russia in 2026 may increase by 1.2%. Federal State Budgetary Institution "Center for Agroanalytics". Publication date: 13.02.2026. URL: <https://specagro.ru/news/202602/proizvodstvo-myasa-pticy-v-rossii-v-2026-godu-mozhet-uvelichitsya-na-12>. (In Russ.).
10. Pustovoitova M. Rating of the largest producers of broiler meat. Animal Husbandry of Russia. Scientific and practical journal for managers and specialists of the Agro-Industrial Complex. Publication date: 12.02.2026. URL: <https://zzr.ru/news/rejting-krupneyshikh-proizvoditeley-myasa-broylerov-0>. (In Russ.).
11. Regions of Russia. Socio-economic indicators. Official Website of the Federal State Statistics Service. Statistical Publications. URL: <https://www.rosstat.gov.ru/folder/210/document/>. (In Russ.).
12. Russian poultry meat exports: problems and prospects. Sector Media. URL: <https://sectormedia.ru/news/ptitsevodstvo/rossiyskiy-eksport-myasa-ptitsy-problemy-i-perspektivy>. (In Russ.).
13. In 2025, the Russian Federation increased egg exports by 1.6 times and reduced their imports by 13%. Interfax. Web Publishing. Publication date: 11.02.2026. URL: <https://www.interfax.ru/business/1072187>. (In Russ.).
14. Agriculture in Russia. 2025: Statistical digest. Moscow: Rosstat Publishing; 2025. 81 p. (In Russ.).
15. Fisinin V. World and domestic poultry farming. Dynamics and prospects of development, realities and challenges of the future. The results of the work of the egg and meat poultry industry in Russia in 2023. Tsenovik. Agricultural review (for agricultural managers and specialists). Publication date: 06.11.2024. URL: <https://www.tsenovik.ru/articles/vystavki-i-meropriyatiya/mirovye-i-otechestvennoe-ptitsevodstvo>. (In Russ.).
16. Khalimbekova A.M. The qualitative analysis of economic risks at the poultry enterprises in the Republic of Dagestan. *Regional problems of transforming the economy*. 2009;1(18):169-178. (In Russ.).
17. Tsyndrina Yu. Dynamics of the Russian meat market development remains positive. *Animal Husbandry of Russia*. 2026;4:6-10. (In Russ.).

Сведения об авторах

Н.М. Сурай – кандидат технических наук, доцент кафедры рекламы, связей с общественностью и дизайна ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», natalya.mixajlovna.1979@mail.ru.

Е.Э. Удовик – доктор педагогических наук, профессор кафедры цифровой экономики ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», ydovik-ydovik@rambler.ru.

Б.О. Хашир – доктор экономических наук, профессор кафедры экономики и финансов ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», ms.khashir@mail.ru.

А.А. Терехова – кандидат педагогических наук, доцент Поволжского казачьего института управления и пищевых технологий – филиала ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)», terexova.anna09@mail.ru.

Information about the authors

N.M. Suray, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Advertising, Public Relations and Design, Plekhanov Russian University of Economics, natalya.mixajlovna.1979@mail.ru.

E.E. Udovik, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, the Dept. of Digital Economics, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, ydovik-ydovik@rambler.ru.

B.O. Khashir, Doctor of Economic Sciences, Professor, the Dept. of Economics and Finance, Kuban State Technological University, ms.khashir@mail.ru.

A.A. Terekhova, Candidate of Pedagogical Sciences, Docent, Volga Region Cossack Institute of Management and Food Technologies – Branch of K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management (the First Cossack University), terexova.anna09@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 12.01.2026; одобрена после рецензирования 15.04.2026; принята к публикации 17.04.2026.

The article was submitted 12.01.2026; approved after reviewing 15.04.2026; accepted for publication 17.04.2026.

© Сурай Н.М., Удовик Е.Э., Хашир Б.О., Терехова А.А., 2026

5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА (ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 657.6.012.16

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2026_1_180

EDN: JAIYQB

Специфика использования материалов инвентаризации в финансово-контрольной и экспертно-экономической деятельности

Инна Евгеньевна Стрыгина^{1✉}

¹ Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
Воронеж, Россия; Воронежский институт Министерства внутренних дел Российской
Федерации, Воронеж, Россия

¹ Strigina.in@yandex.ru[✉]

Аннотация. В России в условиях постсанкционной трансформации экономической среды произошли значительные изменения в нормативной базе, регулирующей порядок проведения инвентаризации как одного из базовых методов ведения бухгалтерского учета. Представлены результаты анализа процедуры инвентаризации в современных экономических условиях, обусловленной изменениями в законодательстве в связи с введением в действие с 1 апреля 2025 г. Федерального стандарта бухгалтерского учета 28/2023 «Инвентаризация», внесшего определенные коррективы в процесс использования инвентаризационных материалов в контрольной деятельности надзорных и уполномоченных правоохранительных органов, который ранее регламентировался Методическими указаниями по инвентаризации имущества и финансовых обязательств, утвержденными Приказом Минфина РФ от 13.06.1995 № 49. Проведено сравнение действовавших и действующих положений Приказа Минфина РФ № 49 и ФСБУ 28/2023, которое выявило, что некоторые из них, содержащиеся в Приказе Минфина РФ № 49, в стандарте ФСБУ 28/2023 утратили силу и не отражены в новом регламенте проведения инвентаризации. Сравнительный анализ позволил сформулировать ряд проблемных вопросов и акцентировать внимание ревизоров, проверяющих, аудиторов и экспертов на необходимости совершенствовать методические подходы к применению в практической деятельности процедурных положений действующих нормативных актов в части проведения инвентаризации. Рассмотренные проблемные вопросы при использовании материалов инвентаризации в финансово-контрольной и экспертно-экономической деятельности дают возможность ревизорам, проверяющим, аудиторам, экспертам совершенствовать методические подходы к их применению в практической деятельности, минимизировать риски необнаружения противоправных экономических действий, неправильного их оформления, неполного формирования доказательственной базы совершения экономических правонарушений, злоупотреблений и преступлений.

Ключевые слова: инвентаризация, финансовый контроль, противоправные экономические действия, инвентаризационная опись, нормативные требования, бухгалтерский стандарт

Для цитирования: Стрыгина И.Е. Специфика использования материалов инвентаризации в финансово-контрольной и экспертно-экономической деятельности // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, № 1(88). С. 180–189. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_180-189.

5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS (ECONOMIC SCIENCES)

Original article

Specifics of using inventory survey data in financial & economic activities and in examination & expertise

Inna E. Strygina^{1✉}

¹ Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia;
Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, Voronezh, Russia

¹ Strigina.in@yandex.ru[✉]

Abstract. In Russia, in the context of the post-sanctions transformation of the economic environment, significant changes have taken place in the regulatory framework governing the inventory procedure as one of the basic accounting methods. The results of an analysis of the inventory procedure in modern economic conditions, due to changes in legislation due to entry into force on April 1, 2025, are presented. Federal Accounting Standard 28/2023 “Inventory”, which introduced certain adjustments to the process of using inventory materials in the control activities

of supervisory and authorized law enforcement agencies, which was previously regulated by the Methodological Guidelines for the Inventory of Property and Financial Obligations, approved by Order of the Ministry of Finance of the Russian Federation dated 13.06.1995 No. 49. A comparison of the current and current provisions of the Order of the Ministry of Finance of the Russian Federation No. 49 and FAS 28/2023, respectively, was carried out, which revealed that some of the provisions contained in the Order of the Ministry of Finance of the Russian Federation No. 49 in FAS 28/2023 standard have become invalid and are not reflected in the new inventory regulations. The comparative analysis made it possible to formulate a number of problematic issues and to focus the attention of auditors, auditors, auditors and experts on the need to improve methodological approaches to the practical application of the procedural provisions of existing regulations in terms of inventory. The considered problematic issues in the use of inventory materials in financial control and expert economic activities enable auditors, auditors, and experts to improve methodological approaches to their application in practice, minimize the risks of undetection of illegal economic actions, their incorrect registration, and incomplete formation of evidence for the commission of economic offenses, abuses, and crimes.

Keywords: inventory, financial control, unlawful economic actions, inventory register, regulatory requirements, accounting standard

For citation: Strygina I.E. Specifics of using inventory survey data in financial & economic activities and in examination & expertise. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(1):180-189. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_180-189.

В России в условиях постсанкционной трансформации экономической среды произошли значительные изменения в нормативной базе, регулирующей порядок проведения инвентаризации как одного из базовых методов ведения бухгалтерского учета. Как известно, инвентаризация позволяет через проверку в натуре материальных ценностей, денежных средств и финансовых обязательств выявить их фактическое состояние, подтверждает данные бухгалтерского учета или выявляет неучтенные ценности и допущенные потери, хищения, недостачи. При помощи инвентаризации также контролируется сохранность материальных ценностей и денежных средств, проверяется полнота и достоверность данных бухгалтерского учета и отчетности [13].

Введение в действие с 1 апреля 2025 г. Федерального стандарта бухгалтерского учета (далее – ФСБУ) 28/2023 «Инвентаризация» [11] вносит определенные коррективы в процесс использования инвентаризационных материалов в контрольной деятельности надзорных и уполномоченных правоохранительных органов, который ранее регламентировался Методическими указаниями по инвентаризации имущества и финансовых обязательств, утвержденными Приказом Минфина РФ от 13.06.1995 № 49 (далее – Методические указания) [9]. Такие коррективы требуют пересмотра ряда методических подходов к использованию документов инвентаризации контролируемых экономических субъектов при формулировании выводов проверяющих, контролеров и экспертов в итоговых документах проведенных контрольных и экспертных действий.

Пристальное внимание со стороны ученых и практиков к вопросам проведения и оформления результатов инвентаризации с позиций именно финансового контроля обусловлено необходимостью разработки актуальных контрольных и экспертных методик. Введение в действие ФСБУ 28/2023 предопределило целесообразность переработки и модернизации ранее существовавших методических решений при проведении документальных экспертиз, аудиторских и налоговых проверок, бухгалтерских экспертиз.

Немалый интерес новый стандарт вызвал и среди экспертов, исследующих проблемы ведения бухгалтерского учета в России [1–6, 8, 12, 13], однако проблемы изменения и реформирования методического инструментария в сфере использования инвентаризационных документов в контрольно-надзорной и экспертной деятельности остаются недостаточно изученными. На основе анализа опубликованных источников информации автором предпринята попытка выявления и систематизации основных общих черт и отличий в процедурах проведения инвентаризации.

Методические особенности использования инвентаризационных документов в финансово-контрольной и экспертно-экономической деятельности связаны с определенной спецификой применения результатов инвентаризации в данной области, которая может быть выражена в следующих основных аспектах:

- инвентаризационные материалы практически во всех случаях используются при выявлении, расследовании, документировании, доказывании противоправных действий экономического характера;
- корыстный характер неправомерных хозяйственных действий должностных лиц организаций подтверждается на практике материалами инвентаризаций имущества и обязательств экономических субъектов;
- решение вопросов методического характера при использовании документов инвентаризации в контрольно-надзорной и экспертной деятельности вызывает необходимость в сопоставлении ранее существовавших и ныне действующих нормативных документов, регламентирующих порядок проведения инвентаризации в нашей стране;
- определение размера материального ущерба, нанесенного в процессе противоправных экономических действий, является возможным лишь с помощью проведения инвентаризации средств, имущества и источников финансирования деятельности организаций;
- результаты проведенных инвентаризационных действий в практической плоскости используются не только для решения задач, поставленных перед ревизорами, проверяющими и экспертами, но и для предупреждения противоправных действий в экономической сфере;
- положения действующих нормативных актов, содержащих указания по проведению инвентаризационных действий и оформлению их результатов, по некоторым позициям отражают некорректные и противоречивые сведения в части регламентации порядка организации и документирования;
- документы, составляемые по результатам проведения инвентаризаций и используемые в финансово-контрольной и экспертно-экономической деятельности, требуют более тщательного оформления, чем в случаях внутреннего применения в рамках экономического субъекта, в силу особого статуса документов – доказательств по фактам противоправных действий в сфере экономики;
- доказательственное значение материалов инвентаризаций в рамках уголовного, гражданского, арбитражного, административного и судебного процессов обуславливает необходимость тщательного соблюдения процедуры проведения инвентаризационных мероприятий и документирования их результатов.

Необходимо отметить, что в бюджетной сфере порядок проведения инвентаризации регламентируется отдельным нормативным документом – Методическими рекомендациями к Общим требованиям к организации инвентаризации активов и обязательств, осуществляемой в целях обеспечения достоверности данных бухгалтерского учета, бухгалтерской (финансовой) отчетности, введенными в действие Письмом Минфина России от 01.07.2024 № 02-06-06/61122 [7].

Проведенное сравнение действовавших и действующих положений Приказа Минфина РФ от 13.06.1995 № 49 и ФСБУ 28/2023 выявило некоторые расхождения и новации, содержащиеся в новом стандарте. Результаты проведенного сопоставления по 25 позициям представлены в таблице.

**Сравнение сопоставимых данных действовавших и действующих положений
об инвентаризации Приказа Минфина РФ от 13.06.1995 № 49 и ФСБУ 28/2023**

№ п/п	Приказ Минфина РФ от 13.06.1995 № 49 [9]	ФСБУ 28/2023 [11]
1	2	3
1	«Количество инвентаризаций в отчетном году, дата их проведения, перечень имущества и финансовых обязательств, проверяемых при каждой из них, устанавливаются руководителем организации», п. 2.1	«Сроки (даты начала и окончания) проведения инвентаризации устанавливаются руководителем экономического субъекта», п. 17
2	«Для проведения инвентаризации в организации создается постоянно действующая инвентаризационная комиссия», п. 2.2	«Для обязательного проведения инвентаризации создается инвентаризационная комиссия экономического субъекта», п. 19
3	«Персональный состав постоянно действующих и рабочих инвентаризационных комиссий утверждает руководитель организации. Документ о составе комиссии (приказ, постановление, распоряжение) регистрируют в книге контроля за выполнением приказов о проведении инвентаризации», п. 2.3	–
4	«Отсутствие хотя бы одного члена комиссии при проведении инвентаризации служит основанием для признания результатов инвентаризации недействительными», п. 2.3	«Отсутствие одной пятой и более членов инвентаризационной комиссии при обязательном проведении инвентаризации является основанием для признания результатов инвентаризации недействительным», п. 21
5	«До начала проверки фактического наличия имущества инвентаризационной комиссии надлежит получить последние на момент инвентаризации приходные и расходные документы или отчеты о движении материальных ценностей и денежных средств», п. 2.4	«До начала проверки фактического наличия активов инвентаризационная комиссия получает последние на момент инвентаризации первичные учетные документы, на основании которых отражается движение активов в регистрах бухгалтерского учета (в частности, приходные и расходные документы, отчеты о движении активов)», п. 26
6	«Председатель инвентаризационной комиссии визирует все приходные и расходные документы, приложенные к реестрам (отчетам), с указанием «до инвентаризации на "___" _____ (дата)», что должно служить бухгалтерии основанием для определения остатков имущества к началу инвентаризации по учетным данным», п. 2.4	«Председатель инвентаризационной комиссии визирует такие документы с указанием «до инвентаризации на "___" _____ (дата)», п. 26
7	«Материально ответственные лица дают расписки о том, что к началу инвентаризации все расходные и приходные документы на имущество сданы в бухгалтерию или переданы комиссии и все ценности, поступившие на их ответственность, оприходованы, а выбывшие списаны в расход. Аналогичные расписки дают и лица, имеющие подотчетные суммы на приобретение или доверенности на получение имущества», п. 2.4	«Материально ответственные лица дают расписки о том, что к началу инвентаризации все первичные учетные документы, на основании которых отражается движение активов в регистрах бухгалтерского учета, сданы в бухгалтерскую службу экономического субъекта или переданы инвентаризационной комиссии и все активы, вверенные им для хранения или использования, оприходованы, а выбывшие списаны в расход. Аналогичные расписки дают лица, получившие денежные средства в подотчет или доверенности на получение активов», п. 27
8	«Сведения о фактическом наличии имущества и реальности учетных финансовых обязательств записываются в инвентаризационные описи или акты инвентаризации не менее чем в двух экземплярах», п. 2.5	«Сведения о фактическом наличии объектов инвентаризации, сопоставление их с данными регистров бухгалтерского учета, результаты инвентаризации подлежат оформлению документами (в частности, инвентаризационные описи, акты инвентаризации, сличительные ведомости)», п. 5
9	«Руководитель организации должен создать условия, обеспечивающие полную и точную проверку фактического наличия имущества в установленные сроки», п. 2.7	«Для проведения инвентаризации должны быть созданы условия, обеспечивающие полное и точное выявление фактического наличия объектов инвентаризации», п. 7
10	«Проверка фактического наличия имущества производится при обязательном участии материально ответственных лиц», п. 2.8	«Выявление фактического наличия активов производится при обязательном присутствии материально ответственных лиц. Не допускается определять фактическое наличие активов со слов материально ответственных лиц или по данным регистров бухгалтерского учета», п. 23

Продолжение таблицы

1	2	3
11	«Инвентаризационные описи могут быть заполнены как с использованием средств вычислительной и другой организационной техники, так и ручным способом», п. 2.9	—
12	«На каждой странице описи указывают прописью число порядковых номеров материальных ценностей и общий итог количества в натуральных показателях, записанных на данной странице, вне зависимости от того, в каких единицах измерения (штуках, килограммах, метрах и т. д.) эти ценности показаны», п. 2.9	«Документ, содержащий сведения о фактическом наличии активов, относящихся к запасам, и иных аналогичных активов, должен содержать количество (прописью) порядковых номеров активов и общее количество (прописью) таких активов в натуральных единицах измерения, записанных на каждой странице, вне зависимости от того, в каких единицах измерения (в том числе штуках, килограммах, метрах) эти активы показаны (на каждой странице документа)», п. 31
13	«Исправление ошибок производится во всех экземплярах описей путем зачеркивания неправильных записей и проставления над зачеркнутыми правильных записей. Исправления должны быть оговорены и подписаны всеми членами инвентаризационной комиссии и материально ответственными лицами», п. 2.9	«Исправление ошибок в документе инвентаризации, содержащем сведения о фактическом наличии объектов инвентаризации, должно быть удостоверено подписями всех членов инвентаризационной комиссии и соответствующего материально ответственного лица», п. 34
14	«В описях не допускается оставлять незаполненные строки, на последних страницах незаполненные строки прочеркиваются», п. 2.9	«Документ на бумажном носителе, содержащий сведения о фактическом наличии объектов инвентаризации, не должен содержать незаполненные строки. В случае если на последней странице такого документа остаются незаполненные строки, эти строки должны быть прочеркнуты», п. 33
15	«На последней странице описи должна быть сделана отметка о проверке цен, таксировки и подсчета итогов за подписями лиц, производивших эту проверку», п. 2.9	«Документ, содержащий сведения о фактическом наличии активов, относящихся к запасам, и иных аналогичных активов, должен содержать отметку о проверке цен, таксировки и подсчета итогов на последней странице документа с подписями лиц, производивших эту проверку», п. 31
16	«Описи подписывают все члены инвентаризационной комиссии и материально ответственные лица. В конце описи материально ответственные лица дают расписку, подтверждающую проверку комиссией имущества в их присутствии, об отсутствии к членам комиссии каких-либо претензий и принятии перечисленного в описи имущества на ответственное хранение», п. 2.10	«Документ, содержащий сведения о фактическом наличии активов, относящихся к запасам, и иных аналогичных активов, должен содержать расписку материально ответственного лица, подтверждающую проверку фактического наличия активов инвентаризационной комиссией в его присутствии, отсутствие претензий к инвентаризационной комиссии и принятие перечисленных в документе активов для хранения или использования (в конце документа); подписи всех членов инвентаризационной комиссии и соответствующего материально ответственного лица», п. 31
17	«При проверке фактического наличия имущества в случае смены материально ответственных лиц принявший имущество расписывается в описи в получении, а сдавший – в сдаче этого имущества», п. 2.10	«Документ, содержащий сведения о фактическом наличии активов, относящихся к запасам, и иных аналогичных активов, должен содержать в случае смены материально ответственных лиц подписи лица, принявшего актив, и лица, сдавшего этот актив», п. 31
18	«На имущество, находящееся на ответственном хранении, арендованное или полученное для переработки, составляются отдельные описи», п. 2.11	«На объекты инвентаризации, которые согласно федеральным стандартам бухгалтерского учета не учитываются в составе активов или обязательств, но подлежат отражению в бухгалтерском учете на забалансовых счетах, составляются отдельные документы инвентаризации», п. 32
19	«Если инвентаризация имущества проводится в течение нескольких дней, то помещения, где хранятся материальные ценности, при уходе инвентаризационной комиссии должны быть опечатаны. Во время перерывов в работе инвентаризационных комиссий (в обеденный перерыв, в ночное время, по другим причинам) описи должны храниться в ящике (шкафу, сейфе) в закрытом помещении, где проводится инвентаризация», п. 2.12	«В случае если инвентаризация активов проводится в течение нескольких дней, то доступ в места, где находятся такие активы (в частности, помещения складов, кладовых секций, иных соответствующих структурных подразделений), в отсутствие инвентаризационной комиссии должен быть ограничен (в том числе помещения опечатаны, установлена сигнализация или видеонаблюдение)», п. 29

1	2	3
20	«В тех случаях, когда материально ответственные лица обнаружат после инвентаризации ошибки в описях, они должны немедленно (до открытия склада, кладовой, секции и т. п.) заявить об этом председателю инвентаризационной комиссии. Инвентаризационная комиссия осуществляет проверку указанных фактов и в случае их подтверждения производит исправление выявленных ошибок в установленном порядке», п. 2.13	«В случае если после инвентаризации материально ответственное лицо обнаружило ошибку в документе, содержащем сведения о фактическом наличии объектов инвентаризации, такое лицо должно немедленно (в частности, до открытия помещения склада, кладовой, секции, иного соответствующего структурного подразделения) заявить об этом инвентаризационной комиссии. Инвентаризационная комиссия осуществляет проверку данного заявления и в случае подтверждения его производит исправление ошибки в документе, содержащем сведения о фактическом наличии объектов инвентаризации», п. 30
21	«При инвентаризации большого количества весовых товаров ведомости отвесов ведут отдельно один из членов инвентаризационной комиссии и материально ответственное лицо. В конце рабочего дня (или по окончании перевески) данные этих ведомостей сличают и выверенный итог вносят в опись. Акты обмеров, технические расчеты и ведомости отвесов прилагают к описи», п. 2.7	«При инвентаризации большого количества активов, относящихся к весовым товарам, документ, оформляющий результаты перевеса таких товаров, ведется отдельно одним из членов инвентаризационной комиссии и материально ответственным лицом. В конце рабочего дня (или по окончании перевеса) данные этих документов сличают и выверенный итог вносится в документы, содержащие сведения о фактическом наличии объектов инвентаризации», п. 28
22	«Определение веса (или объема) навалочных материалов допускается производить на основании обмеров и технических расчетов», п. 2.7	«Фактическое наличие (вес или объем) активов, относящихся к навалочным запасам, допускается определять на основании обмеров и технических расчетов», п. 25
23	«По материалам и товарам, хранящимся в неповрежденной упаковке поставщика, количество этих ценностей может определяться на основании документов при обязательной проверке в натуре (на выборку) части этих ценностей», п. 2.7	«Фактическое наличие (количество) активов, относящихся к запасам, хранящимся в неповрежденной упаковке поставщика, допускается определять на основании документов с обязательным пересчетом количества упаковок и проверкой части этих активов в натуре на выборочной основе», п. 24
24	«Методические указания по инвентаризации имущества и финансовых обязательств содержат Правила проведения инвентаризации отдельных видов имущества и финансовых обязательств», п. 3	«Инвентаризация активов, относящихся к основным средствам и капитальным вложениям в них, запасам, наличным денежным средствам и денежным документам, и иных аналогичных активов проводится по местонахождению этих активов и каждому материально ответственному лицу», п. 23
25	—	«Не допускается включение в состав инвентаризационной комиссии лиц, на которых возложена материальная ответственность за объекты, проверяемые этой комиссией», п. 20

На основании результатов сопоставления положений Приказа Минфина РФ от № 49 [9] и ФСБУ 28/2023 [11] определены особенности использования материалов инвентаризации в финансово-контрольной и экспертно-экономической деятельности, а именно:

- в соответствии с ФСБУ 28/2023 на руководителя организации не возлагается обязанность по определению «количества инвентаризаций в отчетном году, даты их проведения, перечня имущества и финансовых обязательств, проверяемых при каждой из них» [9]. Вместо этого он только определяет «сроки (даты начала и окончания) проведения инвентаризации» [11]. Следовательно, в ныне действующих нормативных документах обязанности руководителя экономического субъекта в части организации проведения инвентаризации нивелируются и сужаются, что негативно сказывается при определении его ответственности за допущенные противоправные действия;

- Методические указания (п. 2.9) допускали, что «инвентаризационные описи могут быть заполнены как с использованием средств вычислительной и другой организационной техники, так и ручным способом» [9]. В ФСБУ 28/2023 порядок заполнения

инвентаризационных документов основывается на использовании положений ФСБУ 27/2021, где в п. 13 содержатся сведения, что «записи в документах бухгалтерского учета, составляемых на бумажном носителе, должны производиться средствами, обеспечивающими сохранность этих записей в течение срока хранения документов» [10]. Таким образом, возникает своего рода неопределенность относительно способов заполнения инвентаризационных документов, что может создавать некоторые трудности при доказывании неправомерных действий экономического характера, а также при документировании фактов недостач, порчи и хищений материальных ценностей и денежных средств, мошенничества;

- ряд положений, содержащихся в Приказе Минфина РФ от 13.06.1995 № 49 «Об утверждении Методических указаний по инвентаризации имущества и финансовых обязательств» [9], в введенном стандарте ФСБУ 28/2023 «Инвентаризация» [11] утратили силу и не отражены в новом регламенте проведения инвентаризации (пп. 3, 11);

- в п. 19 ФСБУ 28/2023 содержатся сведения, что «для обязательного проведения инвентаризации создается инвентаризационная комиссия экономического субъекта» [11]. Иных данных, указывающих на создание инвентаризационной комиссии при проведении других видов инвентаризаций (плановой, внезапной и др.), в стандарте не имеется, что может создавать предпосылки для оспаривания результатов инвентаризационных действий при осуществлении финансово-контрольных и экспертно-экономических мероприятий. Кроме того, в новом стандарте отсутствует положение относительно того, что «для проведения инвентаризации в организации создается постоянно действующая инвентаризационная комиссия», как это было указано в п. 2.2 Методических указаний [9]. Отмеченное нововведение снижает ответственность должностных лиц организаций за сохранность вверенных средств, имущества и своевременное проведение инвентаризационных действий;

- вызывает множество вопросов и требование п. 21 ФСБУ 28/2023 о том, что «отсутствие одной пятой и более членов инвентаризационной комиссии при обязательном проведении инвентаризации является основанием для признания результатов инвентаризации недействительным» [11]. Проблема заключается в трудности определения одной пятой состава инвентаризационной комиссии, когда обычно на практике количество членов комиссии не превышает 3–4 человек. Такая же проблема возникает при четном количестве членов комиссии, а также когда их количество не кратно пяти. Тем более, что это утверждение касается только обязательного проведения инвентаризации и не распространяется на другие ее виды;

- в ФСБУ 28/2023 отсутствуют прямые указания на порядок исправления ошибок в инвентаризационных документах, как это было отражено в Методических указаниях (п. 2.9) [9]. В этом случае стандарт ссылается на требования другого стандарта (ФСБУ 27/2021), который предусматривает использование так называемого «корректирующего» исправления ошибочных записей в бухгалтерских документах (п. 21) [10]. Данное новшество также затруднит проверку инвентаризационных документов и их правомочное использование в финансово-контрольной и экспертно-экономической деятельности;

- в ФСБУ 28/2023 не содержатся указания на то, что «сведения о фактическом наличии имущества и реальности учтенных финансовых обязательств записываются в инвентаризационные описи или акты инвентаризации не менее чем в двух экземплярах», как было отмечено в п. 2.5 Методических указаний [9]. В новой редакции данное требование не отражено, в нем лишь указано, что «результаты инвентаризации подлежат оформлению документами» (п. 5) [11]. Это может создавать определенные трудности при утере или умышленном уничтожении инвентаризационных документов и восстановлении результатов инвентаризации;

- положительным моментом в части упорядочения процедуры проведения инвентаризации и исключения фактов должностных злоупотреблений является включение в ФСБУ 28/2023 п. 20, в котором отмечено, что «не допускается включение в состав инвентаризационной комиссии лиц, на которых возложена материальная ответственность за объекты, проверяемые этой комиссией» [11]. Данное требование устраняет ранее существовавшую двусмысленность, предусматривающую включение в состав инвентаризационной комиссии материально ответственных лиц по проверяемому участку;

- включение в ФСБУ 28/2023 п. 23, указывающего, что «не допускается определять фактическое наличие активов со слов материально ответственных лиц или по данным регистров бухгалтерского учета» [11], устраняет возможность подтасовывать результаты инвентаризации должностными лицами, используя некоторое несовершенство нормативных документов. Подобное требование в ранее существовавших нормативных актах отсутствовало;

- в п. 7 ФСБУ 28/2023 указывается на то, что «для проведения инвентаризации должны быть созданы условия, обеспечивающие полное и точное выявление фактического наличия объектов инвентаризации» [11]. Ранее в Методических указаниях обязанности по созданию надлежащих условий при проведении инвентаризации прямо возлагались на руководителя организации (п. 2.7) [9]. Такое изменение в нормативных документах дает возможность руководителю экономического субъекта избегать ответственности за недостатки, нарушения и злоупотребления при осуществлении инвентаризационных мероприятий;

- в ранее действовавших Методических указаниях содержалось обязательное требование, предусматривающее обеспечение сохранности инвентаризационных описей: «во время перерывов в работе инвентаризационных комиссий (в обеденный перерыв, в ночное время, по другим причинам) описи должны храниться в ящике (шкафу, сейфе) в закрытом помещении, где проводится инвентаризация» (п. 2.12) [9]. В новом нормативном документе требование о сохранности в таких ситуациях распространятся лишь на проверяемые активы, а не на инвентаризационные документы (п. 29) [11]. Такая постановка вопроса не способствует обеспечению сохранности инвентаризационных документов и создает предпосылки для безнаказанного уничтожения документации;

- в ранее действовавших Методических указаниях были отражены формы инвентаризационных документов, порядок проведения инвентаризационных действий в отношении отдельных видов средств и имущества экономических субъектов, а также источников финансирования деятельности. Введенный ФСБУ 28/2023 уже не отражает такую информацию, в ряде случаев перенаправляя пользователя к другим нормативным документам. Подобное положение затрудняет проведение финансово-контрольных и экспертно-экономических работ из-за отсутствия единого подхода к регламентации инвентаризационных действий и возможности со стороны проверяемых экономических субъектов самостоятельно выбирать варианты организации инвентаризации и оформления ее результатов;

- ФСБУ 28/2023 вводит положения о проведении инвентаризации, ранее не отраженные в нормативных документах и позволяющие упростить и упорядочить процедурные моменты проведения инвентаризационных работ. К таким положениям можно отнести следующие: а) указаны основные варианты отражения в системе бухгалтерского учета и бухгалтерской (финансовой) отчетности результатов инвентаризационных действий; б) увеличено количество случаев проведения инвентаризации в обязательном порядке; в) указаны сроки, объекты и отчетные периоды по каждому случаю проведения обязательной инвентаризации; г) определен порядок оформления корреспонденции счетов при использовании норм естественной убыли в случае порчи, недостачи и потери качества материальных ценностей.

Выполненный автором анализ процедуры инвентаризации в современных условиях показывает, что несмотря на изменения в нормативной базе и технологическом оснащении, основные принципы и этапы ее проведения сохранились. При этом следует отметить, что процедура инвентаризации становится более системной, что способствует повышению эффективности управления активами и соблюдению требований законодательства.

Использование материалов инвентаризации в финансово-контрольной и экспертно-экономической деятельности дает возможность ревизорам, проверяющим, аудиторам, экспертам не только совершенствовать методические подходы к их применению в практической деятельности, но и минимизировать риски необнаружения противоправных экономических действий, неправильного их оформления, неполного формирования доказательственной базы совершения экономических правонарушений, злоупотреблений и преступлений.

При проведении контрольно-надзорных мероприятий и экспертных экономических действий результаты инвентаризации имеют важное значение не только для выявления и доказывания экономических правонарушений и злоупотреблений, но и для профилактики совершения противоправных экономических действий.

Таким образом, инвентаризация, став более структурированной, нацеленной на достижение высокой степени достоверности, и, как следствие, эффективности, способствует устойчивому развитию и повышению конкурентоспособности организаций в современных экономических условиях.

Список источников

1. Алборов Р.А., Ардашева Г.Н., Алборов Г.Р. и др. Инвентаризация активов и обязательств в соответствии с ФСБУ 28/2023 «Инвентаризация» // Бухучет в сельском хозяйстве. 2024. № 2. С. 85–93. DOI: 10.33920/sei-11-2402-02.
2. Голова Е.Е. ФСБУ 28/2023 «Инвентаризация»: новые правила проведения инвентаризации // Экономика и бизнес: теория и практика. 2024. № 3-1(109). С. 98–101. DOI: 10.24412/2411-0450-2024-3-1-98-101.
3. Демьяненко Э.Ю., Денисенко М.Г. Особенности проведения инвентаризации основных средств в соответствии с нормами ФСБУ 28/2023 «Инвентаризация» // Приднепровский научный вестник. 2024. Т. 11, № 1. С. 14–21.
4. Железнякова Е.А. Влияние ФСБУ 28/2023 «Инвентаризация» на процесс инвентаризации и учетную политику // Вестник Московской международной академии. 2024. № 2. С. 60–68.
5. Копылова Т.И., Ващенко М.С., Харитонова А.А. Переход на ФСБУ 28/2023 «Инвентаризация»: особенности проведения инвентаризации и отражение в учете // Global and Regional Research. 2023. Т. 5, № 4. С. 17–28.
6. Лесных О.В. Новые требования к инвентаризации хлебопродуктов в соответствии с ФСБУ 28 «Инвентаризация» // Хлебопродукты. 2024. № 1. С. 12–20.
7. Методические рекомендации по применению Общих требований к организации инвентаризации активов и обязательств, установленных СГС «Учетная политика»: Письмо Минфина России от 01.07.2024 № 02-06-06/61122 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.consultant.ru/law/hotdocs/85844.html> (дата обращения: 27.12.2025).
8. Никитина А.А., Макаров Е.В. Бухгалтерский учет инвентаризации: сравнение МСФО 2 «Запасы» и ФСБУ 28/2023 «Инвентаризация» // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2024. Т. 14, № 8-1. С. 506–513.
9. Об утверждении Методических указаний по инвентаризации имущества и финансовых обязательств: Приказ Минфина РФ от 13.06.1995 № 49 [Электронный ресурс]. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=172989> (дата обращения: 27.12.2025).

10. Об утверждении Федерального стандарта бухгалтерского учета ФСБУ 27/2021 «Документы и документооборот в бухгалтерском учете»: Приказ Министерства финансов Российской Федерации от 16.04.2021 № 62н [Электронный ресурс]. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=414880> (дата обращения: 28.12.2025).

11. Об утверждении Федерального стандарта бухгалтерского учета ФСБУ 28/2023 «Инвентаризация»: Приказ Минфина России от 13.01.2023 № 4н [Электронный ресурс]. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=446072> (дата обращения: 27.12.2025).

12. Тришкина Е.А. Инвентаризация – новые правила игры: трансформация под влиянием современного законодательства // Прикладные экономические исследования. 2025. № 7. С. 139–145. DOI: 10.47576/2949-1908.2025.7.7.016.

13. Шестакова Е.В. Проведение инвентаризации // Бюджетный учет. 2024. № 9. С. 12–17.

References

1. Alborov R.A., Ardasheva G.N., Alborov G.R. et al. Inventory of assets and liabilities in accordance with FSBU 28/2023 “Inventarization”. *Accounting in Agriculture*. 2024;2:85-93. DOI: 10.33920/sel-11-2402-02. (In Russ.).

2. Golova E.E. FAS 28/2023 “Inventory”: New Rules for Inventory. *Economy and Business: Theory and Practice*. 2024;3-1(109):98-101. DOI: 10.24412/2411-0450-2024-3-1-98-101. (In Russ.).

3. Demyanenko E.Yu., Denisenko M.G. Features of conducting an inventory of fixed assets in accordance with the norms of FAS 28/2023 “Inventory”. *Pridneprovsky Scientific Bulletin*. 2024;11(1):14-21. (In Russ.).

4. Zheleznyakova E.A. Impact of FAS 28/2023 “Inventory” on the inventory process and accounting policy. *Bulletin of the Moscow International Academy*. 2024;2:60-68. (In Russ.).

5. Kopylova T.I., Vashchenko M.S., Kharitonova A.A. Transition to Federal Accounting Standard 28/2023 “Inventory”: features of inventory and reflection in accounting. *Global and Regional Research*. 2023;5(4):17-28. (In Russ.).

6. Lesnykh O.V. New requirements for the inventory of bread products in accordance with FAS 28 “Inventory”. *Grain Products*. 2024;1:12-20. (In Russ.).

7. Methodological Recommendations on the Application of General Requirements for the Organization of Inventory of Assets and Liabilities Established by Federal Standards of Budget Accounting and Accounting (Financial) Reporting for Public Sector Organizations “Accounting Policy”: Letter of the Ministry of Finance of the Russian Federation of 01.07.2024 No. 02-06-06/61122. URL: <https://www.consultant.ru/law/hotdocs/85844.html>. (In Russ.).

8. Nikitina A.A., Makarov E.V. Inventory accounting: comparison of IFRS 2 “Inventories” and FAS 28/2023 “Inventory”. *Economics: Yesterday, Today, Tomorrow*. 2024;14(8-1):506-513. (In Russ.).

9. On Approval of Methodological Guidelines for the Inventory of Property and Financial Obligations: Order of the Ministry of Finance of the Russian Federation of 13.06.1995 No. 49. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=172989>. (In Russ.).

10. On Approval of the Federal Accounting Standard FAS 27/2021 “Documents and Document Flow in Accounting”: Order of the Ministry of Finance of the Russian Federation of 16.04.2021 No. 62н. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=414880>. (In Russ.).

11. On Approval of the Federal Accounting Standard FAS 28/2023 “Inventory”: Order of the Ministry of Finance of Russia of 13.01.2023 No. 4н. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=446072>. (In Russ.).

12. Trishkina E.A. Inventory – new game rules: transformation under the influence of modern legislation. *Applied Economic Research*. 2025;7:139–145. DOI: 10.47576/2949-1908.2025.7.7.016. (In Russ.).

13. Shestakova E.V. Carrying out inventories. *Budgetary Accounting*. 2024;9:12-17. (In Russ.).

Информация об авторе

И.Е. Стрыгина – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры бухгалтерского учета и аудита ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I»; доцент кафедры социально-гуманитарных, правовых и экономических дисциплин ФГКОУ ВО «Воронежский институт Министерства внутренних дел Российской Федерации», Strigina.in@yandex.ru.

Information about the author

I.E. Strygina, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Accounting and Auditing, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great; Docent, the Dept. of Social & Humanitarian, Legal and Economic Disciplines, Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, Strigina.in@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 15.12.2025; одобрена после рецензирования 28.01.2026; принята к публикации 04.02.2026.

The article was submitted 15.12.2025; approved after reviewing 28.01.2026; accepted for publication 04.02.2026.

© Стрыгина И.Е., 2026

5.2.4. ФИНАНСЫ (ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 336.71

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2026_1_190

EDN: LBAVGZ

Совершенствование депозитной политики коммерческого банка

Александр Владимирович Агибалов¹, Роман Олегович Толстолицкий^{2✉}^{1, 2} Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
Воронеж, Россия² tolromol@mail.ru✉

Аннотация. Депозитная политика является ключевым фактором формирования ресурсной базы коммерческого банка. Несмотря на разработанность методических основ в области организации депозитных операций коммерческих банков современное состояние рынка капитала и вводимые инновации определяют необходимость особого учета факторов, воздействующих на депозитную политику. На примере АО «Банк ДОМ.РФ» исследуются структура, цель, основные задачи депозитной политики, управление привлеченными средствами коммерческого банка, изучены факторы, влияющие на формирование стратегии привлечения депозитов. Использованы аналитический, монографический и экономико-статистический методы. За период 2022–2024 гг. пассивы банка увеличились на 1,76 трлн руб. (с 1,80 до 3,56 трлн руб.), доля средств клиентов в пассивах составила 86,83%, чистая прибыль выросла на 21,77 млрд руб. Наибольший удельный вес в структуре депозитов занимают средства негосударственных коммерческих организаций и индивидуальных предпринимателей – 29,7% (531,72 млрд руб.), доля негосударственных финансовых организаций – 20,75%, физических лиц-нерезидентов – 16,81%. Банк предлагает широкую линейку вкладов для физических лиц (ставки от 2,9 до 18,8%), однако ассортимент для юридических лиц ограничен. При увеличении срока свыше 181 дня ставки снижаются, что уменьшает привлекательность долгосрочных депозитов. Выявлена высокая зависимость ресурсной базы от корпоративного сегмента, что создает риски ликвидности при ухудшении конъюнктуры. Предложены такие направления совершенствования, как расширение депозитных продуктов для юридических лиц, внедрение целевых вкладов (на обучение, покупку автомобиля), введение временных депозитов с повышенной начальной ставкой (до 18% в первые 3 месяца), разработка «привилегированных», «студенческих», «семейных» и «пенсионных» вкладов. Реализация предложенных мер позволит банку увеличить ресурсную базу, улучшить структуру депозитов за счет роста доли срочных вкладов, снизить зависимость от отдельных категорий клиентов и повысить конкурентоспособность на рынке банковских услуг.

Ключевые слова: депозитная политика, коммерческий банк, ресурсная база, депозиты физических и юридических лиц, направления совершенствования

Для цитирования: Агибалов А.В., Толстолицкий Р.О. Совершенствование депозитной политики коммерческого банка // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, № 1(88). С. 190–200. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_190-200.

5.2.4. FINANCE (ECONOMIC SCIENCES)

Original article

Improving the deposit policy of a commercial bank

Aleksandr V. Agibalov¹, Roman O. Tolstolitsky^{2✉}^{1, 2} Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia² tolromol@mail.ru✉

Abstract. Deposit policy is a key factor in forming the resource base of a commercial bank. Despite the development of methodological foundations in the field of organization of deposit operations of commercial banks, the current state of the capital market and the innovations introduced determine the need for special consideration of factors affecting deposit policy. Using Bank DOM.RF as a case study, the structure, purpose, and main objectives of the deposit policy, the management of attracted funds of a commercial bank, and the factors influencing the formation of a deposit attraction strategy were examined. Analytical, monographic, and economic-statistical methods were used. During the period 2022–2024, the bank's liabilities increased by 1.76 trillion rubles (from 1.80 to 3.56 trillion rubles), the share of customer funds in liabilities amounted to 86.83%, net profit increased by 21.77 billion rubles. The largest share in the structure of deposits was held by funds of non-governmental commercial organizations and individual entrepreneurs, i.e. 29.7% (531.72 billion rubles), the share of non-governmental financial organizations and non-resident individuals was 20.75% and 16.81%, respectively. The bank offers a wide range of deposits for individuals (interest rates from 2.9% to 18.8%), but the range for legal entities is limited. When the term is extended beyond 181 days, the rates decrease, which reduces the attractiveness of long-term deposits. The high dependence of the

resource base on the corporate segment has been revealed, which creates liquidity risks in the event of a deterioration in the market. The directions of improvement are proposed, i.e. the expansion of deposit products for legal entities and special-purpose deposits (student loan, auto loan), the introduction of temporary deposits with an increased initial rate (up to 18% in the first 3 months), as well as "preferred", "student", "family" and "pension" deposits. The implementation of the proposed measures will allow the bank to increase its resource base, improve the structure of deposits by increasing the share of time deposits, reduce dependence on certain categories of customers and increase competitiveness in the banking services market.

Keywords: deposit policy, commercial bank, resource base, deposits of individuals and legal entities, directions for improvement

For citation: Agibalov A.V., Tolstolutsky R.O. Improving the deposit policy of a commercial bank. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(1):190-200. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_190-200.

Депозитная политика является ключевым фактором формирования ресурсной базы коммерческого банка, а в условиях ужесточения денежно-кредитной политики Банка России и высокой конкуренции на рынке вкладов кредитные организации вынуждены искать новые подходы к привлечению и удержанию средств клиентов. Особое значение эффективная депозитная политика приобретает для банков, обслуживающих агропромышленный комплекс (АПК), где сезонность производства, зависимость от природно-климатических факторов и мер государственной поддержки создают специфические риски и требуют гибких механизмов формирования ресурсной базы.

Одним из направлений деятельности коммерческих банков выступает активизация сбережений экономических агентов. Финансовые институты, нуждающиеся в привлеченных средствах для кредитования, должны обеспечивать заинтересованность вкладчиков в накоплении денег и грамотно аккумулировать их. Чтобы депозитные ресурсы приносили отдачу, необходимо продумать методику управления данным инструментом. Именно для этого кредитные организации формируют собственную депозитную политику [12].

Депозитная политика коммерческого банка представляет собой комплекс мер, направленных на привлечение и удержание вкладов, а также на эффективное управление этими ресурсами. Депозитная политика, влияя на эффективность использования вкладов клиентов, определяет финансовое состояние и конкурентоспособность банка [13].

В экономической литературе и практике банковской деятельности не существует единого общепринятого определения депозитной политики.

Под депозитной политикой кредитной организации обычно понимается стратегия банка, обеспечивающая оптимальное построение, а также регулирование экономико-организационных отношений с клиентами-вкладчиками в целях вовлечения их средств в депозиты на договорной основе [12].

Некоторые исследователи трактуют ресурсную политику как совокупность целей, главных приоритетов и норм функционирования финансового учреждения в сфере привлечения средств, перечень ключевых инструментов и подходов реализации стратегии, а также этапы процедуры мобилизации ресурсов. Такой подход представляет собой стратегию кредитной организации в сфере пассивных операций, воплощаемую деятельностью банковского персонала, направленной на снижение рисков при формировании базы привлеченных средств.

О.И. Лаврушин подчеркивает, что депозитная политика представляет собой вид банковской политики по привлечению денежных средств вкладчиков в депозиты и эффективному управлению процессом привлечения [10].

Д.А. Каюм, А.П. Бондарь и В.Н. Дятел считают депозитную политику неотъемлемой составляющей механизма банковского менеджмента, поскольку именно она определяет и регулирует процесс аккумуляции вкладов и дальнейшее их направление в активные операции [7].

Л.Е. Зернова, на основании анализа значительного количества научных публикаций, приводит авторское уточненное определение депозитной политики коммерче-

ского банка как одного из видов банковской политики, включающей совокупность мероприятий и действий, проводимых коммерческим банком в процессе привлечения и использования временно свободных средств клиентов [4].

М.Р. Каджаева считает, что депозитная политика – это комплекс мер, направленных на мобилизацию банками денежных средств юридических и физических лиц в форме вкладов (депозитов) с целью их последующего взаимовыгодного использования [6].

С точки зрения М.Ш. Давыдова, депозитная политика выступает ключевым источником финансирования отечественных банков, представляя собой специальную стратегию и тактику привлечения ресурсов, включающую планирование, организацию и надзор за их использованием [2].

Цель депозитной политики заключается в увеличении объема денежных средств с наименьшими затратами. Для реализации этой цели кредитные организации решают следующие задачи:

- проведение депозитных операций, способствующих получению дохода, а также создание условий для получения дохода в будущем;
- поддержание стабильного уровня ликвидности;
- использование разнообразных типов и форм депозитов;
- достижение синхронизации между депозитными и кредитными операциями по срокам и размерам;
- уменьшение остатков свободных средств на депозитных счетах;
- обеспечение адаптивности депозитной стратегии;
- оптимизацию методов снижения издержек по привлеченным ресурсам;
- расширение и повышение надежности клиентских сервисов банка [10].

Л.Е. Зернова среди задач также выделяет:

- ежедневный мониторинг депозитных продуктов банков-конкурентов;
- внедрение программ лояльности и других привлекательных для клиентов условий;
- оптимизацию сроков размещения вкладов на депозитных счетах [3, 5].

При анализе депозитных продуктов выделяют как преимущества, так и недостатки данного инструмента.

Преимущества депозитных продуктов:

- 1) фиксированная и предсказуемая доходность – выбирая депозит на определенный срок, вкладчик знает точную сумму выплаты в конце установленного периода;
- 2) надежность и защита капитала – при наступлении страхового случая вкладчик гарантированно получит обратно вложенные денежные средства в пределах 1,4 млн руб., так как на эту сумму вклады застрахованы государством;
- 3) простота оформления – открытие вкладов и их использование максимально упрощены, как правило, есть возможность дистанционного открытия депозита;
- 4) широкий выбор депозитных услуг – банки предоставляют клиентам разнообразие выбора видов депозитов на разных условиях по срокам, размерам ставок, способам начисления процентов, а также с дополнительными возможностями (например, пополнение и снятие средств).

Недостатки депозитных продуктов:

- 1) низкая доходность – процентные ставки по депозитам часто ниже, чем по другим инвестиционным инструментам;
- 2) ограничение доступа к средствам – как правило, при досрочном закрытии депозита вкладчик теряет начисленный доход. Однако некоторые кредитные организации предлагают продукты с возможностью частичного снятия средств без уменьшения процентов;
- 3) ограничения по сумме вклада – в большинстве случаев условия договора не допускают пополнения вкладов, но иногда такая операция предусмотрена;
- 4) инфляция – проценты по депозитам не всегда полностью покрывают уровень инфляции [2].

В целом депозитную политику коммерческого банка можно рассматривать как стратегию банка, обеспечивающую не только рациональное формирование, но и регулирование организационно-экономических отношений с вкладчиками с целью привлечения ресурсов в депозиты (вклады) на договорных условиях.

Рассматривая сущность депозитной политики, в первую очередь следует выделить субъекты и объекты.

В состав субъектов депозитной политики коммерческого банка включены корпоративные и розничные клиенты (юридические и физические лица, которые размещают средства в банке в форме депозитов), Банк России (как мегарегулятор, влияющий на формирование ресурсной базы банков) и соответствующие государственные институты, оказывающие влияние на формирование ресурсной базы банка, а также выступающие потенциальными клиентами банка при размещении бюджетных средств (например, на аукционной основе). Также в качестве субъектов упоминаются финансовые органы субъектов РФ, государственные внебюджетные фонды, негосударственные финансовые организации и др.

Под объектами подразумевают привлеченные ресурсы кредитной организации, а также дополнительные услуги банка, которые повышают привлекательность депозитных продуктов для клиентов и обеспечивают комплексное обслуживание (рис. 1) [8].



Рис. 1. Субъекты и объекты депозитной политики

По мнению А.А. Мартенс с соавторами, депозитная политика зависит от политических, экономических и социальных факторов, поэтому единой для всех депозитной политики кредитной организации не существует, каждый банк может разрабатывать ее самостоятельно [11].

Несмотря на разработанность методических основ в области организации депозитных операций коммерческих банков, современное состояние рынка капитала и вводимые инновации определяют необходимость учета эндогенных и экзогенных факторов, воздействующих на депозитную политику.

Факторы внешней среды отражают стабильность экономического развития страны и политическую стабильность. Внутрибанковские (внутренние) факторы включают в себя факторы, определяющие состояние банковской системы в целом, носящие индивидуальный характер для отдельного банка в целом. Отличие внешних факторов от внутренних в том, что первые не зависят от самой работы коммерческого банка и влияют на всю деятельность данной организации. Внутренние факторы оказывают влияние на эффективность всей банковской системы.

Среди факторов, влияющих на депозитную политику, выделяют:

- доверие населения – клиенты банка, открывающие депозитные счета, должны быть уверены в кредитной организации, а также финансовых учреждениях, обеспечивающих защиту вкладов физических и юридических лиц;
- процентные ставки – кредитной организации необходимо определить и установить процентные ставки по депозитам на уровне, привлекательном для потенциальных вкладчиков, но при этом оптимальном для самого банка;
- условия – банк устанавливает минимальную сумму, сроки вклада, возможность снятия денежных средств и пополнения депозитного счета;
- риски – банк должен учитывать возможность возникновения непредвиденных ситуаций, связанных с кредитоспособностью клиентов, и грамотно управлять таким риском, обеспечивая сохранность депозитов [2].

Некоторые исследователи выделяют еще ряд факторов, влияющих на стратегию привлечения ресурсов.

1. Нормативно-правовой фактор, включающий в себя банковское законодательство, которое устанавливает условия деятельности кредитных организаций, их вхождения на рынок банковских услуг и выхода из него, а также ценообразования. Также сюда относится смежное законодательство, влияющее на организацию банковской деятельности через валютное, налоговое регулирование.

2. Инфляция и валютный курс, учитывающие, что высокий уровень инфляции обесценивает доходность по сбережениям, низкий – позволяет получать стабильный доход, а при нестабильном валютном курсе вкладчики могут зарабатывать на валютной разнице, в то время как стабильный валютный курс влияет на структуру привлеченных средств в худшую сторону.

3. Инструменты ЦБ РФ, так как ключевая ставка является ценовым ориентиром для установления процентной ставки в рамках депозитной политики банка, а установленные нормативы влияют на объемы привлеченных ресурсов.

4. Рыночный фактор, который включает:

- состояние и тенденции развития финансового рынка, определяющие уровень риска на денежном рынке, популярность отдельных финансовых инструментов;
- конкуренцию на денежном рынке, оказывающую влияние на ценовую политику банка, принуждающую кредитные организации применять неценовые методы конкуренции для обеспечения привлекательности на денежном рынке;
- форму расчетов за товары, работы, услуги (наличная/безналичная), влияющая на варианты аккумулирования населением денежных средств;
- государственные меры (прямые/косвенные), регулирующие степень свободы субъектов экономических отношений при формировании депозитной политики.

5. Политический фактор (политическая обстановка в стране и мире, внешние ограничения), который определяет возможность участия субъектов рыночных отношений в деятельности международного рынка, а также формирует стратегию финансовых действий инвесторов, вкладчиков.

6. Потребительское поведение клиентов как фактор, учитывающий влияние уровня финансовой грамотности населения, склонности к сбережению, которые обуславливают наиболее распространенные финансовые действия людей в определенные временные периоды.

7. Административные ограничения, которые оказывают прямое влияние на возможность совершения некоторых финансовых действий, ограничивая субъектов рыночных отношений [7].

Формирование депозитной политики принято рассматривать как процесс, который реализуется в соответствии с приведенными ниже этапами.

1. Изучение депозитного рынка.
2. Анализ конкурентов.
3. Определение потенциальных клиентов.
4. Формирование депозитных продуктов.
5. Установление оптимальных процентов по депозитам.
6. Разработка маркетинговой политики.
7. Внедрение разработок.
8. Анализ результатов [2, 3, 5].

При формировании депозитной политики кредитная организация может использовать алгоритм, который схематично представлен на рисунке 2 [12].



Рис. 2. Этапы формирования депозитной политики коммерческого банка

Результатом реализации ключевых этапов приведенного алгоритма должно стать увеличение объема ресурсной базы, снижение расходов на их привлечение, а также поддержание оптимального уровня ликвидности, так как они позволяют грамотно организовать депозитный процесс.

В ходе формирования депозитной политики возникает ряд проблем – субъективных и объективных.

Субъективные проблемы:

- масштабы деятельности;
- неустойчивая капитальная база кредитных организаций;
- отсутствие заинтересованности руководства в вопросах привлечения средств клиентов, особенно населения, что продиктовано тактическими и стратегическими целями и задачами банка;

- недостаточный уровень и качество высшего и среднего менеджмента;
- отсутствие в большинстве российских кредитных организаций научно обоснованной концепции проведения депозитной политики;
- недостатки в организации депозитного процесса (отсутствие соответствующего подразделения в банке);
- низкий уровень маркетинговых исследований депозитного рынка;
- ограниченный спектр предлагаемых депозитных услуг и др.

Объективные проблемы:

- прямое и косвенное воздействие государства и государственных органов на коммерческие банки;
- влияние макроэкономических явлений (воздействие мировых финансовых рынков на состояние российского денежного рынка);
- межбанковская конкуренция;
- состояние денежного и финансового рынка России.

В таблице приведены примеры внешних и внутренних факторов, а также их влияние на кредитную организацию и поведение клиентов [4].

Факторы, влияющие на депозитную политику коммерческого банка

Факторы	Влияние
<i>Внешние факторы</i>	
Экономическая нестабильность	– на объемы депозитов, которые могут привлечь банки
Ситуация на финансовом рынке	– на объем привлечения депозитов
Ключевая ставка	– на установленные банком проценты по депозитам
Нормативы обязательных резервов	– на объем привлечения вкладов
Доходы физических и юридических лиц	– на сберегательную активность населения, то есть на возможность размещения вкладчиками средств в банке
Конкуренция среди банков	– на принимаемые банком меры в определенных ситуациях, на внедрение депозитных продуктов и их условия
Система страхования вкладов	– на средний размер вкладов в связи с необходимостью учитывать размер гарантированной к возврату суммы
<i>Внутренние факторы</i>	
Уровень развития технологий банка	– на уровень интереса населения к размещению средств в банке
Процентные ставки по депозитам	– на объемы вложенных средств и на процентные расходы банка
Разнообразие предоставляемых банком услуг	– на количество категорий вкладчиков
Программы лояльности	– на привлекательность банка для населения

Выполненный анализ депозитной политики АО «Банк ДОМ.РФ» [1] позволил сделать выводы о его текущем финансовом состоянии, о сильных и слабых сторонах организации.

Авторами выделены следующие возможные проблемы с учетом диаграммы причинно-следственных связей совершенствования депозитной политики [3].

1. В структуре депозитного портфеля: высокая зависимость от определенного типа клиентов, снижение более стабильной части вкладов – депозитов юридических лиц, что может повлечь резкое снижение ликвидности.

2. Стабилизация ресурсной базы: снижение устойчивости ресурсной базы.

3. Стоимость депозитного портфеля: зависимость от процентных ставок по вкладам и объема депозитного портфеля (рис. 3) [3].



Рис. 3. Диаграмма причинно-следственных связей совершенствования депозитной политики коммерческого банка

Среди перспективных направлений депозитной политики особое внимание уделяется расширению ассортимента депозитных продуктов и изменению условий их использования. Для успешного внедрения подобных улучшений требуется всесторонний анализ структуры депозитных операций компании, а также оценка ключевых показателей, отражающих привлечение финансовых ресурсов и уровень эффективности банковской деятельности:

- состав источников капитала по филиалам коммерческого банка (с целью выявления путей повышения производительности филиальных подразделений);
- удельный вес межбанковских заемных средств в общей структуре ресурсов (характеризует зависимость учреждения от межбанковского рынка);
- соотношение внешних и внутренних финансовых средств организации;
- уровень вовлеченности банка в различные сегменты депозитного рынка [3].

Наиболее распространенными подходами к привлечению средств на депозитной основе считаются открытие и обслуживание счетов до предъявления требования, привлечение средств граждан на срочные депозитные вклады, а также эмиссия собственных долговых инструментов [5]. Также направления депозитной политики включают следующие аспекты.

Увеличение объемов вкладов со стороны физических лиц. При разработке депозитных продуктов учитываются актуальные запросы вкладчиков, на регулярной основе исследуется рынок депозитов для оценки действий конкурентов в сфере привлечения клиентских средств, внедряются депозитные продукты, объединяющие в себе несколько сервисов.

Управление стоимостью депозитного портфеля через корректировку процентных ставок. При этом основное внимание уделяется учету уровня инфляции в стране при формировании ставок по вкладам, а также ориентации на ключевую ставку Банка России и уровни рыночных показателей при установлении ставок по депозитам.

Увеличение доли срочных депозитов в составе банковского портфеля. Направленность предусматривает расширение возможностей по привлечению срочных вложений среди отдельных групп клиентов, а также мотивацию владельцев карт на формирование определенной суммы на карточном счете в течение нескольких месяцев [3].

Одним из наиболее прибыльных источников пополнения ресурсной базы признаны депозиты клиентов. В связи с этим банковские организации уделяют повышенное внимание модернизации существующего ассортимента депозитных продуктов, а также разработке новых проектов и сервисов, которые сопровождаются внедрением передовых технологий обслуживания клиентов и расширением филиальной сети.

Регулирование стоимости депозитного портфеля также причисляется к значимым направлениям совершенствования депозитной политики. Между уровнем процентных ставок и доходностью вкладов существует прямая зависимость. Иными словами, когда процентная ставка по депозитам снижается, вклады утрачивают привлекательность для населения. В такой ситуации для банка возрастает риск потери клиентской базы, поскольку граждане начнут искать более доходные финансовые инструменты или обратятся в другую кредитную организацию [12, 14].

Деятельность АО «Банк ДОМ.РФ» не ограничивается классическим банкингом и строительной сферой; кредитная организация выступает важным звеном в механизмах государственной поддержки агропромышленного комплекса (АПК). Являясь институтом развития, банк участвует в льготных программах кредитования сельскохозяйственных товаропроизводителей. Так, в 2025 г. Минпромторгом России было принято решение о предоставлении АО «Банк ДОМ.РФ» субсидий на возмещение затрат по облигационным займам, направленным на реализацию лизинговых проектов по обновлению парка сельхозтехники и оборудования, что способствует модернизации материально-технической базы отрасли. Кроме того, банк активно включен в программу льготной «сельской ипотеки», что позволяет решать жилищный вопрос работников АПК и косвенно стимулирует закрепление кадров на селе [1].

Повышение доверия к банку с целью привлечения новых клиентов и удержания существующих относится к числу приоритетных направлений совершенствования депозитной политики. Для реализации поставленной задачи руководство кредитной организации должно учитывать интересы вкладчиков, выходить на новые ниши банковской деятельности, проводить аналитические исследования рынка, а также разрабатывать и запускать в обращение востребованные финансовые продукты и услуги.

На основе вышеизложенного можно предложить варианты эффективного развития деятельности банка.

1. Предложение «преференциального» вклада, основой которого является увеличение процентной ставки пропорционально размеру вложенных средств. Устанавливается диапазон допустимых значений – минимальный и максимальный лимиты.

2. Запуск «целевого» депозита, рассчитанного на конкретный жизненный этап или событие. Клиент может открыть счет на оговоренный период с возможностью ежемесячных пополнений под зафиксированную ставку.

3. Создание инвестиционного вклада, обеспечивающего двойной доход – за счет ставки по депозиту и прибыли от инвестирования. Такой продукт ориентирован на тех, кто стремится не просто сохранить деньги, но и развить навыки работы с ценными бумагами, постепенно переходя от мелких операций к масштабным инвестициям.

4. Разработка вкладов для студентов, что помогает привлечь молодую аудиторию. Особенности условий: малый начальный взнос, фиксированная процентная ставка, капитализация процентов, возможность досрочного расторжения контракта без потери начисленных процентов, а также свободный доступ к пополнению и частичному снятию средств.

5. Введение «семейного» вклада, предназначенного для совместного использования всей семьей. Продукт дополняется функциями, усиливающими эффект от накопления, например бонусами за внесение средств каждым из участников.

6. Организация специализированного вклада для пенсионеров. Учитывая высокую долю клиентов пожилого возраста среди вкладчиков, целесообразно создать отдельную продукцию с улучшенными условиями. Например, начисление повышенной процентной ставки может быть связано с получением пенсии именно через этот банк.

7. Запуск гибкого вклада без необходимости повторного оформления. Данный продукт представляет собой депозит на условиях возврата по первому требованию, где размер процента коррелирует со ставкой ЦБ: при ее росте доходность повышается, а при снижении – уменьшается. Обеспечивается полная ликвидность – средства можно снять в любое время, а при закрытии вклада проценты выплачиваются полностью. Процентную ставку рекомендуется задать немного выше, чем по стандартным накопительным счетам, чтобы повысить привлекательность для клиентов.

Проведенное исследование показало, что депозитная политика коммерческого банка представляет собой стратегию привлечения и управления средствами клиентов, эффективность которой зависит от учета внешних и внутренних факторов, а также от своевременной адаптации к изменениям рыночной конъюнктуры. На примере АО «Банк ДОМ.РФ» установлено, что за 2022–2024 гг. пассивы банка увеличились на 1,76 трлн руб., доля средств клиентов достигла 86,83%, а чистая прибыль выросла на 21,77 млрд руб., что свидетельствует о положительной динамике, однако структура депозитов характеризуется высокой зависимостью от средств негосударственных коммерческих организаций (29,7%) и ограниченным ассортиментом продуктов для юридических лиц, а также снижением процентных ставок при увеличении срока свыше 181 дня, что уменьшает привлекательность долгосрочных вкладов.

Для решения выявленных проблем предложены следующие направления совершенствования:

- расширение линейки депозитных продуктов для юридических лиц;
- внедрение целевых вкладов (на обучение, покупку автомобиля);
- введение временных депозитов с повышенной начальной ставкой до 18% в первые три месяца;
- разработка «привилегированных», «студенческих», «семейных» и «пенсионных» вкладов.

Реализация данных мер позволит банку увеличить ресурсную базу, улучшить структуру депозитов, снизить зависимость от отдельных категорий клиентов, повысить конкурентоспособность на рынке банковских услуг. В современных условиях депозитная политика банка должна осуществляться с использованием инновационных продуктов, обоснованных процентных ставок и ориентироваться на достаточно высокий уровень предоставления услуг по открытию вкладов в банке [10].

Подводя итоги исследования депозитных операций коммерческих банков России, можно отметить, что в их деятельности возникают проблемы, которые связаны с уменьшением эффективности использования привлеченных ресурсов, с ухудшением эффективности депозитных операций. Таким образом, для повышения надежности улучшения финансовых результатов банкам следует обратить внимание на порядок формирования и реализации депозитной политики.

Список источников

1. Банк ДОМ.РФ [Электронный ресурс] // Сайт АО «Банк ДОМ.РФ». URL: <https://domrfbank.ru/sme/deposits/> (дата обращения: 03.01.2026).
 2. Давыдов М.Ш. Депозитная политика как базовый элемент фондирования коммерческого банка // Academy. 2020. № 10(37). С. 25–31.
 3. Зернова Л.Е. Совершенствование депозитной политики коммерческих банков // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 2-2(104). С. 45–50. DOI: 10.23670/IRJ.2021.103.2.040.
-

4. Зернова Л.Е. Теоретические основы управления банковскими операциями // Вектор экономики. 2020. №1(43). Порядковый номер 60.
5. Зернова Л.Е. Факторы, влияющие на депозитную политику коммерческого банка // Вектор экономики. 2021. № 1(55). Порядковый номер 28.
6. Каджаева М.Р., Дубровская С.В. Банковские операции: учебник для студентов средних профессиональных учебных заведений. 4-е изд., стер. Москва: Издательский центр «Академия», 2008. 400 с.
7. Каюм Д.А., Бондарь А.П., Дятел В.Н. Депозитная политика кредитных организаций: региональный аспект // Научный вестник: финансы, банки, инвестиции. 2020. № 4(23). С. 69–79. DOI: 10.37279/2312-5330-2020-4-69-79.
8. Киреев В.Л. Банковское дело. Краткий курс: учебное пособие для вузов. 4-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2025. 208 с.
9. Кравченко О.В., Обьедков А.С. Стратегические направления развития депозитных операций как способ привлечения финансовых ресурсов коммерческими банками // Научный вестник финансы, банки, инвестиции. 2020. № 4(53). С. 69–79.
10. Лаврушин О.И., Валенцева Н.И., Ларионова И.В. и др. Банковский менеджмент: учебник; под ред. Лаврушина О.И. Москва: КноРус, 2019. 554 с.
11. Мартенс А.А., Деркач Н.О., Шаромова Е.А. Депозитная политика коммерческого банка: факторы формирования // Вопросы управления. 2023. Т. 17, № 3. С. 19–31. DOI: 10.22394/2304-3369-2023-3-19-31.
12. Ткач Н.Д., Ткач О.М., Решетов К.Ю. Депозитная политика формирования ресурсной базы коммерческого банка // Вестник Национального института бизнеса. 2019. № 37. С. 314–323.
13. Толстолицкий Р.О., Фомичева Н.А. Теоретические аспекты депозитной политики коммерческих банков // Финансовый вестник. 2025. № 2(69). С. 81–86.

References

1. Bank DOM.RF Authorised Housing Construction Bank. Bank DOM.RF Website. URL: <https://domrfbank.ru/sme/deposits/>. (In Russ.).
2. Davydov M.S. Deposit policy as a basic element of commercial bank financing. *Academy*. 2018;10(37):25-31. (In Russ.).
3. Zernova L.E. Improving the deposit policy of commercial banks. *International Research Journal*. 2021;2-2(104):45-50. DOI: 10.23670/IRJ.2021.103.2.040. (In Russ.).
4. Zernova L.E. Theoretical framework for forming the deposit policy of a commercial bank. *Vector Economy*. 2020;1(43):60. (In Russ.).
5. Zernova L.E. Factors affecting the deposit policy of a commercial bank. *Vector Economy*. 2021;1(55):28. (In Russ.).
6. Kadzhaeva M.R. Banking operations: textbook for students of secondary vocational educational institutions. 4th edition, stereotype. Moscow: Academiya Publishing Center; 2008. 400 p. (In Russ.).
7. Kaum D.A., Bondar A.P., Dyatel V.N. Deposit policy of credit organizations: regional aspect. *Scientific Bulletin: Finance, Banking, Investment*. 2020;4(23):69-79. DOI: 10.37279/2312-5330-2020-4-69-79. (In Russ.).
8. Kireev V.L. Banking. Short course: textbook for universities. 4th edition, stereotype. Saint Petersburg: Lan' Publishers; 2025. 208 p. (In Russ.).
9. Kravchenko O.V., Obiedkov A.S. Strategic directions of deposit operation development as a method of attracting financial resources by commercial banks. *Scientific Bulletin: Finance, Banking, Investments*. 2020;4(53):69-79. (In Russ.).
10. Lavrushin O.I., Valentseva N.I., Larionova I.V. et al. Banking Management: textbook; under the editorship of Lavrushin O.I. Moscow: KnoRus Publishers; 2019. 554 p. (In Russ.).
11. Martens A.A., Derkach N.O., Sharomova E.A. Deposit policy of a commercial bank: formation factors. *Management Issues*. 2023;17(3):19-31. DOI: 10.22394/2304-3369-2023-3-19-31. (In Russ.).
12. Tkach N.D., Tkach O.M., Reshetov K.Yu. Deposit policy of forming the resource base of a commercial bank. *Bulletin of the National Institute of Business*. 2019;37:314-323. (In Russ.).
13. Tolstolutsky R.O., Fomicheva N.A. Theoretical aspects of the deposit policy of commercial banks. *Financial Vestnik*. 2025;2(69):81-86. (In Russ.).

Информация об авторах

А.В. Агибалов – доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой финансов и кредита ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», agi-64@mail.ru.

Р.О. Толстолицкий – кандидат экономических наук, доцент кафедры финансов и кредита ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», tolromol@mail.ru.

Information about the authors

A.V. Agibalov, Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the Dept. of Finance and Credit, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, agi-64@mail.ru.

R.O. Tolstolutsky, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Finance and Credit, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, tolromol@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 25.02.2026; одобрена после рецензирования 26.03.2026; принята к публикации 28.03.2026.

The article was submitted 25.02.2026; approved after reviewing 26.03.2026; accepted for publication 28.03.2026.

© Агибалов А.В., Толстолицкий Р.О., 2026

5.2.4. ФИНАНСЫ (ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 336.246.02

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2026_1_201

EDN: LFJIFM

К вопросу об определении видов объектов налогообложения

**Лариса Викторовна Брянцева^{1✉}, Ирина Анатольевна Сапрыкина²,
Елена Евгеньевна Бичева³**

^{1, 3} Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
Воронеж, Россия

² Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

¹ blv2466@mail.ru✉

Аннотация. Представлены результаты исследования, цель которого заключалась в выявлении особенностей определения видов объектов налогообложения применительно к различным категориям налогов. Использованы абстрактно-логический, статистико-экономический, монографический методы, а также методы анализа и синтеза, табличный, графический. Изучены классификационные признаки и видовые особенности объектов налогообложения исходя из характера связи объекта налога и источника его уплаты, особенностей пользования. Показано, что основное значение объекта налогообложения заключается в том, что он порождает налоговые отношения или налоговое обязательство и является фактическим основанием для взимания налога. Рассмотрены основные виды налогов и соответствующие им объекты налогообложения, сформулированы предложения по изменению подхода к определению объекта налогообложения. Выполнен сравнительный анализ объектов налогообложения при применении специальных режимов налогообложения, выделены преимущества и недостатки альтернативности выбора. Обоснована необходимость учитывать не только налоговые обязанности потенциального налогоплательщика в связи с оборотом имущества, но и обязанности в связи с передачей имущественных прав. Подчеркивается, что многообразие объектов налогообложения позиционируется Налоговым кодексом посредством видовой принадлежности того или иного налога. Проанализировав различные точки зрения авторов по проблеме определения объектов налогообложения, предложено внести в перечень классификационных признаков отдельных налогов уточнения, способствующие формированию эффективной, справедливой налоговой системы и экономическому развитию общества в целом. Сформулированы предложения по совершенствованию нормативного регулирования (дополнение ст. 38 НК РФ развернутой классификацией объектов налогообложения, унификация подходов к их определению в различных главах Кодекса, внесение изменений в действующее законодательство с учетом новых экономических реалий (криптовалюта, цифровая экономика).

Ключевые слова: объект налогообложения, налогообложение, доход, имущество (имущественные права), операции, налоговая база, налоговая ставка

Для цитирования: Брянцева Л.В., Сапрыкина И.А., Бичева Е.Е. К вопросу об определении видов объектов налогообложения // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, № 1(88). С. 201–218. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_201-218.

5.2.4. FINANCE (ECONOMIC SCIENCES)

Original article

More on the issue of determining the types of taxable objects

Larisa V. Bryantseva^{1✉}, Irina V. Saprykina², Elena E. Bicheva³

^{1, 3} Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

² Voronezh State University, Voronezh, Russia

¹ blv2466@mail.ru✉

Abstract. The results of a study are presented, the purpose of which was to identify the specifics of determining the types of taxable objects in relation to various categories of taxes. Abstract-logical, statistical-economic, monographic methods are used, as well as methods of analysis and synthesis, study of existing normative legal acts, tabular, graphic. The classification features and specific features of taxable objects are studied based on the nature of the relationship between the tax object and the source of its payment, and the specifics of use. It is shown that the main significance of a taxable object lies in the fact that it generates a tax relationship or tax liability and is the actual basis for tax collection. The main types of taxes and the corresponding objects of taxation are considered, proposals for changing the approach to determining the object of taxation are formulated. A comparative analysis of taxable objects in the application of special taxation regimes is performed, the advantages and disadvantages of alternative

choice are highlighted. The necessity to take into account not only the tax obligations of a potential taxpayer in connection with the turnover of property, but also the obligations in connection with the transfer of property rights is substantiated. It is emphasized that the diversity of taxable objects is positioned by the Tax Code through the specific affiliation of a particular tax. Having analyzed the various points of view of the authors on the problem of determining the objects of taxation, it is proposed to add clarifications to the list of classification features of individual taxes that contribute to the formation of an effective, fair tax system and the economic development of society as a whole. Proposals have been formulated to improve regulatory regulation (supplement art. 38 of the Tax Code of the Russian Federation with a detailed classification of taxable objects, unification of approaches to their definition in various chapters of the Code, amendments to current legislation taking into account new economic realities (cryptocurrency, digital economy).

Keywords: taxable object, taxation, income, property (property rights), transactions, tax base, tax rate

For citation: Bryantseva L.V., Saprykina I.A., Bicheva E.E. More on the issue of determining the types of taxable objects. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(1):201-218. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_1_201-218.

Налоги являются одним из фундаментальных институтов рыночной экономики, оказывающих определяющее влияние на характер и направленность социально-экономического развития любого государства. Как справедливо отмечается в научной литературе, налоговая система выступает не только инструментом формирования доходной части бюджетов различных уровней, но и эффективным механизмом государственного регулирования социально-экономических процессов. Двойственная природа налогов – их фискальное назначение и регулирующий потенциал – создает сложную систему взаимосвязей между государством, бизнесом и населением. С одной стороны, налоги обеспечивают финансовую основу для выполнения государством своих функций, с другой – выступают мощным инструментом воздействия на экономическое поведение хозяйствующих субъектов, формируя стимулы для инвестиционной, инновационной и предпринимательской активности [4].

Государство использует налоговую систему для стимулирования развития определенных отраслей и решения макроэкономических задач. Налоги оказывают прямое воздействие на все стороны экономической жизни, прежде всего через налоговый механизм, представляющий собой совокупность форм и методов регулирования различных сторон организации и направленный на упорядочение налоговых отношений, а его действие обусловлено особенностями управленческой деятельности государства в финансовой сфере.

Налоговая система выступает одним из ключевых инструментов государственного регулирования экономики, влияя на различные аспекты хозяйственной деятельности. Организационно-экономический механизм хозяйствования функционирует под прямым влиянием налоговой нагрузки и правил ее распределения, которые формируют финансовые условия для деятельности предприятий, влияют на инвестиционные решения, конкурентоспособность компаний и, косвенно, на потребительское поведение через изменения в доходах и расходах [2].

В соответствии со ст. 17 Налогового кодекса РФ налог считается законно установленным в случае, когда определены налогоплательщики и элементы налогообложения. Такой элемент, как объект налогообложения, занимает особое место среди всех остальных, поскольку он указывает на сам факт возникновения обязанности по уплате налога.

Согласно ст. 38 Налогового кодекса Российской Федерации (НК РФ), к объектам налогообложения относятся реализация товаров (работ, услуг), имущество, прибыль, доход, расход или иное обстоятельство, имеющее стоимостную, количественную или физическую характеристику, с наличием которой законодательство о налогах и сборах связывает возникновение у налогоплательщика обязанности по уплате налога.

В ст. 3 НК РФ указано, что каждый налог должен иметь экономическое основание и не быть произвольным. Учитывая, что экономическая деятельность связана с производством, распределением, обменом и потреблением продуктов (работ, услуг) и

благ, В.А. Бунько расширительно предлагает к объектам налогообложения относить следующие обстоятельства:

- получение доходов и прибыли, смешанного дохода, имущества, других видов экономической выгоды;
- получение (производство, оприходование) продукции, товаров, другого имущества и имущественных прав;
- реализацию, передачу товаров (работ, услуг), имущества, имущественных прав, других благ;
- пользование предметами, земельными участками, другими объектами природы в производственных и личных целях пользователя с учетом установленных законом ограничений;
- добычу полезных ископаемых, рыбный промысел и другое пользование природными ресурсами;
- другие виды экономической деятельности и операции, включая игорный бизнес, предметы роскоши, покупку валюты, вывоз капитала и др. [3].

В.А. Бунько, анализируя объект налогообложения как научное понятие и исходя из характера связи объекта налога и источника его уплаты, а также особенностей пользования, выделяет такие виды налогов, как:

- 1) налоги на финансовые результаты, прибыль, смешанный доход;
- 2) налоги на факторы и условия предпринимательской деятельности;
- 3) налоги в природопользовании (носящие рентный характер);
- 4) налоги на доходы и имущество граждан;
- 5) налоги на отдельные виды деятельности и операции [3].

В учебном пособии «Налоги и налогообложение» составители в качестве объектов налогообложения приводят а) доход, прибыль, имущество и т. д.; б) юридический факт или совокупность фактов (реализация, ввоз товаров на территорию страны и др.) [1]. В представленном варианте просматривается аналогия с бухгалтерским учетом, в котором к объектам учета относятся активы, обязательства, источники финансирования деятельности, доходы, расходы, а также сделки, события, операции, которые оказывают влияние на финансовое положение субъекта и движение денежных средств. В этом контексте В.А. Бунько высказывает мнение, что формирование объектов налогообложения в теории налогообложения должно идти своим путем, но в содружестве с теорией налогового права. Дуализма юридических фактов и экономической жизни не существует, вся экономическая жизнь урегулирована правом [3]. Факты хозяйственной жизни не могут быть объектами налогообложения, хотя и взаимосвязаны. Что касается операций по реализации товаров, ввоза товаров на таможенную территорию и др., то они осуществляются в целях получения все тех же доходов, прибыли, укрепления экономического положения предприятия (фирмы). Таким образом, объектом налогообложения все-таки является доход, имущество (имущественные права) и операции, имеющие экономическое основание, количественную характеристику и связь с источником уплаты налогового обязательства.

Ключевое правовое значение объекта налогообложения заключается в том, что он порождает налоговые отношения или налоговое обязательство и является фактическим основанием для взимания налога, поэтому налоги часто определяются по объектам налогообложения (доходы, имущество, земля, вода и др.). В связи с этим с практической точки зрения необходима не только общая формулировка, но и формулировка по отдельным объектам налогообложения, четкое описание возможных форм, элементов и видов объектов и их количественных параметров.

Объекты налогообложения могут классифицироваться в зависимости от вида налога. Рассмотрим основные виды налогов и соответствующие им объекты налогообложения.

Налог на доходы физических лиц (НДФЛ) (гл. 23 НК РФ) является одним из основных источников доходов государственного бюджета, взимается с различных доходов резидентов и нерезидентов, таких как зарплата, проценты по вкладам, арендные платежи, доходы от продажи имущества и др.

Статья 209 НК РФ определяет объект налогообложения для физических лиц в зависимости от их налогового резидентства, однако в ней нет конкретных примеров или детализации по типам доходов. В результате объект налогообложения остается достаточно общим и абстрактным.

К облагаемым доходам относятся:

- 1) заработная плата и иные доходы от трудовой деятельности, полученные на территории России;
- 2) проценты по вкладам в российских банках или доходы от инвестиций в российские ценные бумаги;
- 3) доходы от сдачи в аренду недвижимости, находящейся в России;
- 4) доходы от предпринимательской деятельности, осуществляемой на территории России;
- 5) доходы от продажи имущества, если оно находится на территории России в момент продажи;
- 6) дивиденды, полученные от российских компаний;
- 7) другие доходы, полученные физическим лицом на территории России.

Важно отличать объекты, подпадающие под налогообложение в соответствии с гл. 23 Налогового кодекса РФ или не подпадающие – не подлежащие налогообложению (табл. 1).

Таблица 1. Классификация объектов налогообложения по признаку «подлежащие и не подлежащие налогообложению»

Объекты, подлежащие налогообложению НДФЛ (ст. 208 НК РФ)	Объекты, не подлежащие налогообложению НДФЛ (ст. 217 НК РФ)
- дивиденды и проценты; - доходы, полученные от использования авторских или смежных прав; - доходы, полученные от сдачи в аренду или иного использования имущества; - доходы от реализации недвижимого и иного имущества; - вознаграждение за выполнение трудовых или иных обязанностей, выполненную работу, оказанную услугу; - пособия, стипендии и иные аналогичные выплаты, полученные налогоплательщиком; - иные доходы, получаемые налогоплательщиком в результате осуществления ими налогооблагаемой деятельности	- государственные пособия, за исключением пособий по временной нетрудоспособности (включая пособие по уходу за больным ребенком); - пенсии по государственному пенсионному обеспечению, страховые пенсии, фиксированная выплата к страховой пенсии; - суммы, получаемые налогоплательщиками в виде грантов (безвозмездной помощи); - алименты, получаемые налогоплательщиками; - иные доходы, перечисленные в статье 217 НК РФ

Своевременным представляется изменение подхода к определению объекта налогообложения, которым должен стать совокупный доход семьи. Данный подход действительно усилит социальную ориентацию налога и позволит оказать существенную финансовую поддержку российским семьям [13].

НДФЛ уплачивается со всех доходов (выплаты заработной платы и премий, доходы от продажи недвижимости, вознаграждения за интеллектуальную деятельность и т. п.), полученных в течение календарного года как в денежной, так и в натуральной форме. В настоящее время с учетом современных реалий подлежат обложению НДФЛ доходы от реализации криптовалюты.

Таким образом, при определении объекта налогообложения учитываются все доходы налогоплательщика, полученные им как в денежной, так и в натуральной форме, или право на распоряжение которыми у него возникло, а также доходы в виде материальной выгоды.

В связи со спецификой описания «дохода» в ст. 209 НК РФ на практике возникают определенные сложности:

1) общее указание «дохода» не дает ясного понимания, какие именно виды доходов подлежат налогообложению;

2) отсутствие четких примеров или критериев приводит к неоднозначной интерпретации и различным толкованиям со стороны как налоговых органов, так и налогоплательщиков;

3) налогообложение доходов может быть трудоемким процессом из-за разнообразия типов доходов, что может затруднять правильное применение налоговых ставок и правил.

Чтобы устранить эти проблемы, требуются более детальная формулировка определения объектов налогообложения и уточнение критериев, определяющих, какие конкретно виды доходов подлежат обложению НДФЛ.

Для определения видов доходов, подлежащих налогообложению по НДФЛ, можно предложить следующие критерии:

- источник дохода (заработная плата, проценты по вкладам, дивиденды, доходы от сдачи в аренду недвижимости и др.);
- тип дохода (от трудовой деятельности, дивиденды, проценты, роялти и др.);
- налоговое резидентство налогоплательщика (доходы, полученные на территории России подлежат обложению НДФЛ).

Эти критерии помогают систематизировать различные виды доходов и определить, облагаются ли они налогом в соответствии с налоговым законодательством.

Следует отметить, что нормативное регулирование налога на доходы физических лиц на современном этапе подвержено частому изменению, что обусловлено сложной экономической ситуацией и необходимостью учитывать стремительное цифровое развитие экономических отношений.

Налог на прибыль организаций (гл. 25 НК РФ) – это прямой налог, взимаемый с прибыли, полученной юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями в ходе их деятельности. Налог на прибыль организаций является важным инструментом для формирования доходов бюджета и регулирования экономической деятельности предприятий в России [8].

В действующих положениях по бухгалтерскому учету в России предусматриваются следующие виды прибыли, а точнее, последовательность формирования нераспределенной прибыли (убытка), которая отражается в приложении к бухгалтерскому балансу (Отчет о финансовых результатах):

- валовая прибыль;
- прибыль (убыток) от продаж;
- прибыль (убыток) до налогообложения;
- прибыль от обычных видов деятельности;
- чистая нераспределенная прибыль (непокрытый убыток).

С точки зрения налогообложения прибыли, изложенной в главе 25 Налогового кодекса РФ, прибылью признается разница между доходами и расходами. Прибыль организации – это разница между всеми ее доходами за отчетный период и расходами, включая налоги, проценты по кредитам, амортизацию оборудования и прочие операционные расходы. По сути, это финансовый результат деятельности организации за определенный период, который остается после вычета всех издержек и налогов.

В соответствии со ст. 247 НК РФ объектом налогообложения по налогу на прибыль организаций признается прибыль, полученная налогоплательщиком, под которой понимаются:

1) для российских организаций – полученные доходы, уменьшенные на величину произведенных расходов;

2) для иностранных организаций, осуществляющих деятельность в Российской Федерации через постоянные представительства, – полученные через эти постоянные представительства доходы, уменьшенные на величину произведенных этими постоянными представительствами расходов;

3) для иных иностранных организаций – доходы, полученные от источников, находящихся в Российской Федерации.

Доходы при этом разделяют на доходы от реализации товаров, работ, услуг и имущественных прав, а также внереализационные доходы. Под доходами предприятия понимается реальное увеличение экономических выгод в результате поступления денежных средств и иного имущества, приводящего к увеличению собственного капитала организаций. В свою очередь экономическими выгодами является потенциальное увеличение начального капитала, происходящее в результате его функционирования.

В состав доходов предприятий разных сфер деятельности включают множество показателей: от общей суммы выручки, полученной от реализации продукции (широкое понятие доходов), до прибыли от реализации (самое конкретное понятие доходов). Между ними находятся промежуточные показатели доходов: валовой, чистый, маржинальный и пр. Разные показатели доходов, как правило, имеют свою сферу использования.

В бухгалтерском учете, например, под доходами понимают общую сумму поступлений от продаж. Объясняется такой подход тем, что при отсутствии расходов вся выручка от реализации потенциально увеличивает собственный капитал, свидетельствуя о росте экономических выгод предприятия. Многие экономисты полагают, что такая трактовка доходов является слишком широкой и условной, несмотря на ее использование в международных стандартах финансовой отчетности. Выручка от продаж может считаться доходом лишь с позиций предприятия как имущественного комплекса. При этом не учитывается, что большая ее часть используется для покрытия текущих расходов и не приводит к увеличению собственного капитала (т. е. к росту экономических выгод). Следовательно, сфера использования выручки от продаж в качестве показателя, характеризующего доходы, ограничивается бухгалтерским учетом [7].

С общеэкономических позиций доход представляет собой стоимость, обеспечивающую формирование личных доходов работников, доходов предприятия и государства. В данном случае денежная форма вновь созданной стоимости представляет собой валовой доход всех участников воспроизводственного процесса – наемных работников, собственников и государства. Используется этот показатель в макроэкономике и ее отдельных отраслях: сельском хозяйстве, торговле и некоторых других. В результате первичного распределения валовой доход распадается на доход работников в форме заработной платы и чистый доход предприятия.

Чистый доход представляет собой денежную форму проявления вновь созданной стоимости, предназначенной для формирования финансовых ресурсов государства и предприятия. С финансовой точки зрения только эта часть стоимости (без цены трудовых ресурсов) является показателем доходов хозяйствующего субъекта от обычной деятельности и используется в сфере организации финансов. Чистый доход, формирующий государственные финансовые ресурсы, выступает в форме налоговых платежей и сборов в бюджеты разных уровней, внебюджетные государственные социальные и другие фонды федерации (субъектов федерации и муниципальных образований) и частично участвует в формировании себестоимости продукции. Другая часть чистого дохода представляет собой конечный доход предприятия от обычной деятельности, остающийся в его распоряжении и являющийся источником самофинансирования.

Упрощенная система налогообложения (УСН). Объекты налогообложения для налогоплательщиков, применяющих специальные режимы налогообложения (УСН), также носят альтернативный характер. Выбор объекта налогообложения по УСН осуществляется самим налогоплательщиком и в течение налогового периода (года) не может быть изменен. Исключением являются участники договора простого товарищества (договора о совместной деятельности) или договора доверительного управления имуществом, которые обязаны применять в качестве объекта налогообложения доходы, уменьшенные на величину расходов.

Объектом обложения по УСН признаются:

- доходы;
- доходы, уменьшенные на величину расходов (ст. 346.14 НК РФ).

Порядок определения доходов и расходов изложен в ст. 346.15 и ст. 346.16 НК РФ. При этом применяется кассовый метод признания доходов и расходов (ст. 346.17 НК РФ).

Для принятия решения о выборе объекта налогообложения «доходы» или «доходы – расходы» необходимо проанализировать основные расходы (материальные, на оплату труда и страховые взносы отчисления и др.). При этом следует отметить, что влияние страховых взносов на уплачиваемый налог по УСН проявляется только при небольшой (по сравнению с максимальной величиной дохода для сохранения права работы на «упрощенке») выручке.

Если расходы превышают 60% от предполагаемых доходов, то имеет смысл рассмотреть вариант налогообложения «доходы – расходы». В противном случае выгоднее выбрать в качестве объекта налогообложения «доходы», поскольку меньше будет не только сам налог, но и трудоемкость его расчета при отсутствии необходимости доказывания обоснованности расходов (табл. 2).

Таблица 2. Сравнительный анализ объектов налогообложения при применении УСН

Объект налогообложения	Преимущества	Недостатки
«Доходы»	Простота расчета налога. Отсутствие рисков, связанных с неправильным учетом расходов, а соответственно, занижения налогооблагаемой базы. Возможность уменьшения суммы налога (до 50%) за счет уплаченных социальных страховых взносов	Невозможность повлиять на сумму единого налога, увеличивая расходы
«Доходы за вычетом расходов»	Возможность влиять на сумму налога, планируя и перераспределяя расходы. Возможность переноса убытка текущего года на расходы (их увеличение) в течение 10 последующих лет	Ограниченный перечень учитываемых расходов. Риски, связанные с неправильным учетом расходов. Обязанность уплаты минимального налога

Характеристика деятельности налогоплательщиков, выбирающих соответствующий объект налогообложения при УСН, представлена в таблице 3.

Таблица 3. Характеристика деятельности налогоплательщиков УСН

Целесообразность выбора объекта налогообложения УСН	
«Доходы»	«Доходы – расходы»
Маленькая выручка. Нет возможности официально подтвердить понесенные расходы. Реализуется продукция ФЛ за наличный расчет	Большой оборот. Имеется возможность официально проводить все понесенные расходы

Единый сельскохозяйственный налог (ЕСХН) занимает особое место в системе специальных налоговых режимов Российской Федерации. Как отмечается в официальных разъяснениях ФНС России, ЕСХН применяется организациями и индивидуальными предпринимателями, у которых доля дохода от реализации собственной сельскохозяйственной продукции составляет не менее 70 процентов. Данный налоговый режим призван стимулировать развитие отечественного агропромышленного комплекса и создавать благоприятные условия для сельскохозяйственных товаропроизводителей [8].

Центральной категорией механизма правового регулирования ЕСХН выступает объект налогообложения. Именно правильное определение объекта налогообложения позволяет корректно исчислить налоговую базу и сумму налога, подлежащую уплате в бюджет. В отличие от упрощенной системы налогообложения (УСН), где налогоплательщику предоставлено право выбора объекта налогообложения между «доходами» и «доходами, уменьшенными на величину расходов», при применении ЕСХН такой альтернативы законодатель не предусматривает.

В соответствии со ст. 346.4 Налогового кодекса РФ «объектом налогообложения признаются доходы, уменьшенные на величину расходов». Данная формулировка имеет принципиальное значение, поскольку она определяет самую суть налога: объектом налогообложения выступает не валовой доход (выручка), а именно финансовый результат деятельности налогоплательщика – прибыль, рассчитанная как разница между полученными доходами и произведенными расходами. Это сближает ЕСХН с общим режимом налогообложения в части методологии определения налоговой базы, но с существенными упрощениями.

Важной особенностью ЕСХН является то, что в главе 26.1 НК, в отличие от положений главы 26.2 НК, не предусматривается возможность выбора объекта налогообложения. Это означает, что все налогоплательщики ЕСХН независимо от вида деятельности, масштаба бизнеса и структуры расходов применяют единый объект налогообложения – «доходы минус расходы».

Налог на добавленную стоимость (НДС) (гл. 21 НК РФ) – это форма косвенного налога, который взимается с каждого этапа производства и реализации товаров или оказания услуг на территории России. Передача права собственности на товары, результатов выполненных работ, оказание услуг на безвозмездной основе также признается реализацией товаров (работ, услуг).

Ставка НДС может различаться в зависимости от типа товаров или услуг, а также от их места поставки. В России действует две основные ставки НДС: общая ставка 22% и льготная ставка 10%. Также существует нулевая ставка НДС для определенных видов товаров и услуг, которые освобождены от налогообложения.

Применительно к данному налогу понятие объекта налогообложения регламентируется ст. 146 НК РФ.

Объектом налогообложения по НДС признаются следующие операции:

- реализация товаров (работ, услуг) на территории Российской Федерации, в том числе реализация предметов залога и передача товаров (результатов выполненных работ, оказание услуг) по соглашению о предоставлении отступного или новации, а также передача имущественных прав. При этом передача права собственности на товары, а также результатов выполненных работ, оказание услуг на безвозмездной основе также признается реализацией товаров (работ, услуг).);

- передача на территории РФ товаров (выполнение работ, оказание услуг) для собственных нужд, расходы на которые не принимаются к вычету (в том числе через амортизационные отчисления) при исчислении налога на прибыль организаций;

- выполнение строительно-монтажных работ для собственного потребления;
- ввоз товаров на таможенную территорию РФ и иные территории, находящиеся под ее юрисдикцией.

По мнению Т.Ш. Тиникашвили, следует рассмотреть возможность упрощения налоговой системы – сокращение количества налогов, унификация налоговых баз, упрощение порядка исчисления и уплаты. В опубликованной научной литературе высказывается предложение о введении единого налога с оборота и потребления, что позволило бы сократить отдельные налоги [12]. Отметим следующие особенности учета НДС, которые необходимо признать определяющими при разработке соответствующих положений учетной налоговой политики [9].

1. Раздельный учет фактов хозяйственной жизни (ФХЖ).

В соответствии с п. 4 ст. 149 НК РФ организации, которые совершают ФХЖ, подлежащие и неподлежащие обложению НДС (то есть освобождаются от этого вида налогообложения), обязаны вести раздельный учет данных фактов. Если этого не происходит, то освобождение от обложения НДС соответствующих фактов хозяйственной жизни не предоставляется. При этом особую сложность приобретает методика раздельного учета сумм «входящего» НДС. Поскольку данный порядок не прописан нормами права, его нужно закрепить в УНП, опираясь на положения п. 4 ст. 170 НК РФ. Иначе говоря, соответствующий пункт «Приказа об учетной налоговой политике» должен закрепить процедуру разделения сумм «исходящего» НДС на две группы:

1) суммы НДС, подлежащие возмещению или увеличивающие стоимость (прямой метод);

2) суммы НДС, подлежащие к вычету или уменьшающие стоимость – пропорционально доле, в которой факты хозяйственной жизни подлежат налогообложению или освобождаются от налогообложения.

Также в Приказе необходимо прописать процедуру определения 5% порога общей величины совокупных расходов на приобретение, производство, реализацию товаров, работ, услуг, имущественных прав в случае отсутствия ведения раздельного учета.

Сама методика раздельного учета фактов хозяйственной жизни должна соответствовать требованиям ст. 166 НК РФ.

В соответствии с п. 5 ст. 149 НК РФ организация может отказаться или приостановить процедуру обложения НДС фактов хозяйственной жизни, связанных с реализацией товаров, выполнением работ, оказанием услуг, которые предусмотрены п. 3 ст. 149 НК РФ, но на срок не менее одного года. Поэтому необходимо представить в налоговый орган (в соответствующий срок) заявление об отказе от льготы по НДС. Кроме того, в соответствии с подп. 1 п. 1 ст. 164 НК РФ налогообложение по ставке 0% применяется при реализации следующих товаров:

- вывезенных в таможенной процедуре экспорта;
- помещенных под таможенную процедуру свободной таможенной зоны;
- вывезенных в таможенной процедуре реэкспорта товаров, ранее помещенных под таможенную процедуру переработки на таможенной территории, и (или) товаров (продуктов переработки, отходов и (или) остатков), полученных (образовавшихся) в результате переработки таких товаров.

При этом, в соответствии со ст. 165 НК РФ, обоснованность применения нулевой ставки должна быть подтверждена необходимыми документами.

Акцизы (гл. 22 НК РФ) – специальный вид косвенного налога, который взимается с определенных товаров, часто связанных с потреблением (алкоголь, табачные изделия, автомобильное топливо и некоторые др.). Этот налог обычно включается в цену товара и уплачивается производителем или импортером перед выпуском товара на рынок.

Акцизы часто используются в качестве инструмента государственной политики для достижения различных целей, таких как регулирование потребления вредных товаров, защита окружающей среды, привлечение дополнительных доходов в бюджет и др.

Объектам «акцизного» налогообложения посвящена ст. 182 НК РФ, в которой перечислены подлежащие обложению акцизами операции. Отличительной чертой большинства «подакцизных» операций является то, что они осуществляются на территории РФ.

Анализ сферы применения акцизов показывает, что акцизы охватывают широкий круг операций и сделок, связанных с производством, передачей и использованием товаров, подлежащих акцизному налогообложению. Несмотря на то что акцизы являются важным инструментом регулирования рынка и приносят дополнительные доходы в бюджет, при их применении может возникнуть ряд проблем.

1. Низкая эффективность контроля за производством и оборотом подакцизных товаров, для повышения которой следует проводить мониторинг процедуры уплаты налогов со стороны налоговых и таможенных служб (использование современных технологий, таких как системы маркировки товаров, электронные базы данных и аналитические инструменты для выявления незаконных операций).

2. Недостаточная стимуляция производителей и импортеров соблюдать налоговое законодательство, что можно преодолеть введением либо более жестких наказаний за нарушения в области акцизов (штрафы и уголовная ответственность), либо системы поощрений компаний, активно соблюдающих налоговые правила.

3. Различные способы уклонения от уплаты акцизов. Решением данной проблемы является совершенствование методов контроля, в том числе расширение сотрудничества между налоговыми органами и другими государственными службами, например правоохранительными органами.

4. Недостаточная гибкость налоговой системы. В качестве устранения данной проблемы можно рассмотреть приемы регулярного обновления и адаптации налогового законодательства в соответствии с изменяющимися условиями рынка и потребностями общества (пересмотр ставок налога, расширение списка товаров, подлежащих обложению акцизом, повышение значимости действующих льгот и освобождений).

Имущественное налогообложение

Имущественные налоги являются составной частью налоговой системы большинства стран мира, занимают весомое место в общегосударственных доходах, а также играют большую роль в формировании местных (региональных) бюджетов многих государств. Российская налоговая система также не пренебрегает налогообложением имущества.

В настоящее время организации уплачивают 3 налога с владеемого ими имущества: налог на имущество организаций, транспортный налог, земельный налог. Для более полной характеристики имущественного налогообложения необходимо привести классификацию объектов имущественного налогообложения (табл. 4).

Таблица 4. Классификация объектов имущественного налогообложения

Классификационный признак	Виды имущества
По степени вещности	- материальные объекты; - объекты прав
По факту перемещения	- движимое; - недвижимое
По форме собственности	- государственное; - частное
По факту обложения налогом	- объекты, подпадающие под налогообложение; - объекты, не подпадающие под налогообложение

Особенностью российской налоговой системы является то, что в отличие от большинства промышленно развитых стран, где имущественное налогообложение является одним из основных источников доходов бюджета, налоговые поступления от имущества играют крайне незначительную роль [6].

Налог на имущество организаций (гл. 30 НК РФ) – вид налога, который взимается с имущества, находящегося в собственности юридических лиц. Налогом облагается недвижимое имущество, используемое для осуществления хозяйственной или иной деятельности (ст. 374 НК РФ).

Объекты налогообложения, налоговая база и плательщики налога на имущество организаций представлены на рисунке 1.

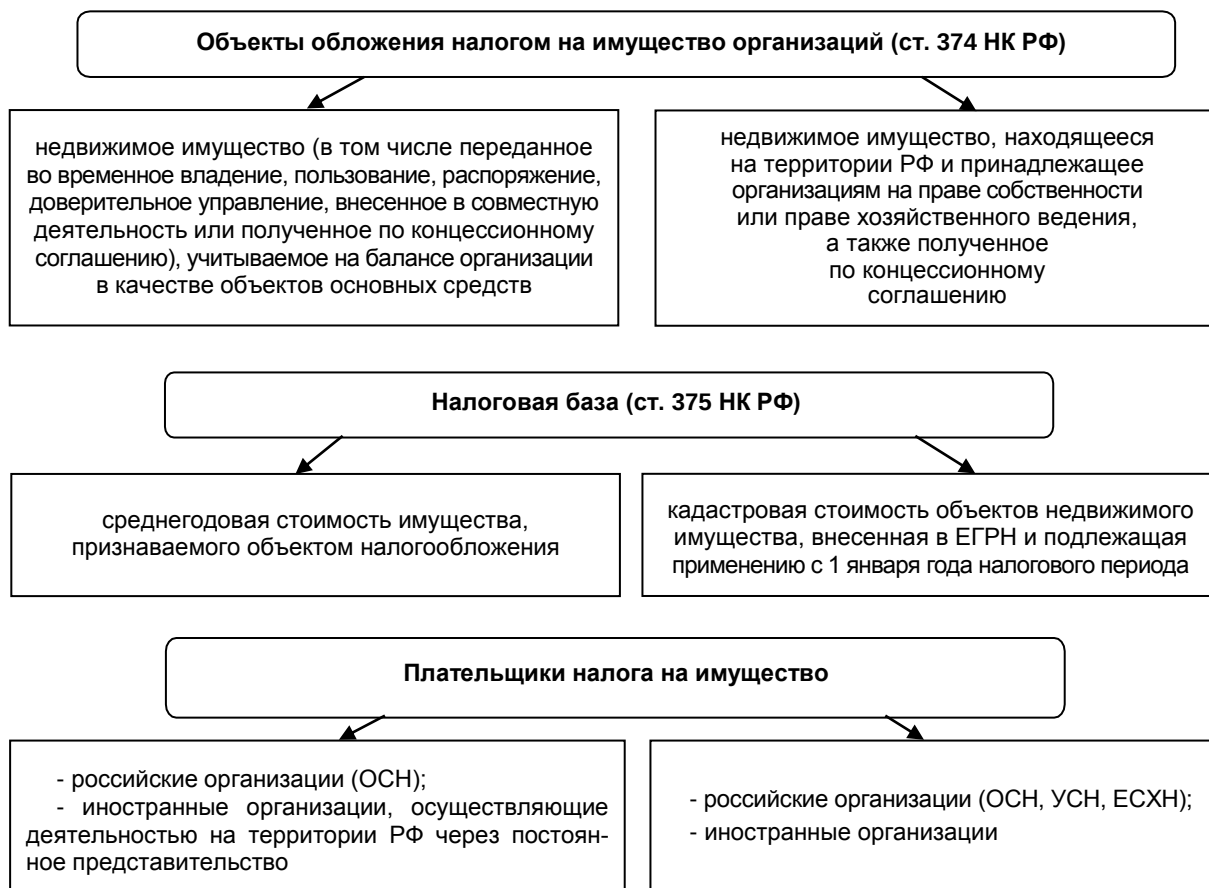


Рис. 1. Объекты налогообложения, налоговая база и плательщики налога на имущество организаций
Источник: составлено авторами по данным [8].

Объектом налогообложения в соответствии со ст. 374 НК РФ признаются:

1) недвижимое имущество, учитываемое на балансе организации в качестве основных средств – если налоговая база определяется как среднегодовая стоимость этого имущества, учитываемая для целей налогообложения;

2) недвижимое имущество, находящееся на территории Российской Федерации и принадлежащее организации на праве собственности или праве хозяйственного ведения, а также недвижимое имущество, полученное по концессионному соглашению – если налоговая база определяется как их кадастровая стоимость, зарегистрированная в Едином государственном реестре недвижимости. Эта стоимость применяется с 1 января года налогового периода.

Уменьшение стоимости имущества для целей налогообложения происходит по определенному виду имущества. Данная льгота предоставляется при использовании имущества по целевому назначению, вне зависимости от его отраслевой принадлежности,

выручки или состава работающих. Так, например, вновь вводимые объекты, имеющие высокую энергетическую эффективность, в соответствии с Перечнем Правительства РФ, подлежат льготированию у любого хозяйствующего субъекта – его владельца.

НК РФ не дает четкого понятия, что признается движимым имуществом, а что недвижимостью. Кроме того, объект может признаваться недвижимостью по закону. К таким объектам относятся линии связи, космические объекты, беспилотные воздушные суда и др. [8].

Необходимо проанализировать, можно ли перемещать объект и обязан ли владелец регистрировать права на недвижимость. Для правильного отнесения имущества к движимому объекту или недвижимости надо установить, есть ли запись в ЕГРН. Если записи в реестре нет, следует определить, есть ли прочная связь объекта с землей, действительно ли его невозможно переместить без ущерба назначению.

Объекты, не подпадающие под критерии недвижимости, следует считать движимым имуществом, однако для Федеральной налоговой службы этого недостаточно. Специалисты в области налогообложения неоднократно разъясняли, что произвольно либо по внутренним документам компании классифицировать имущество нельзя. Необходимо обращать внимание на правила Гражданского Кодекса. При возникновении неоднозначных ситуаций следует обращаться за разъяснениями к отраслевым экспертам. Помимо этого, ФНС советует учитывать арбитражную практику (письмо от 01.10.2018 № БС-4-21/19038@) [14]. Поэтому, когда ставят на учет оборудование как отдельный инвентарный объект, а не как составную часть зданий или сооружений, он не относится к недвижимости. Следовательно, платить налог не требуется.

При определении объекта налогообложения по налогу на имущество организаций на практике могут возникать следующие проблемы.

1. Недостаточно четкое определение объекта – по некоторым видам имущества могут возникать споры относительно того, следует ли их включать в налоговую базу. Например, неясно, считаются ли некоторые виды оборудования и инфраструктуры основными средствами и подлежат ли они налогообложению.

2. Определение кадастровой стоимости является сложным процессом, вызывающим споры между налогоплательщиками и налоговыми органами. При определении кадастровой стоимости применяются различные методы и критерии, что может стать причиной возникновения разногласий.

3. Стоимость недвижимого имущества может меняться со временем под воздействием определенных факторов, таких как инфляция, рыночная конъюнктура или инвестиции в улучшение объекта, что может затруднить учет актуальной кадастровой стоимости для целей налогообложения.

В качестве путей преодоления подобных проблем предлагаем следующее:

1) уточнение законодательства относительно того, какие виды имущества подпадают под налогообложение с целью устранения спорных ситуаций;

2) совершенствование методов оценки кадастровой стоимости с целью устранения разногласий и предотвращения споров между сторонами.

Земельный налог (гл. 31 НК РФ) является одним из основных налогов, который взимается с собственников или пользователей земельных участков.

На основании ст. 389 Налогового кодекса Российской Федерации объектом, подлежащим налогообложению, являются земельные участки, находящиеся в пределах муниципального образования.

Не облагаются налогом:

1) земельные участки, изъятые из оборота или ограниченные в обороте в соответствии с законодательством Российской Федерации;

2) земельные участки, входящие в состав земель лесного фонда, а также земельные участки, которые заняты водными объектами в составе водного фонда.

Налог на имущество физических лиц (гл. 32 НК РФ) является одним из местных налогов, который взимается с собственников недвижимости.

В соответствии со ст. 401 НК РФ объектом налогообложения считается следующее имущество, находящееся в пределах муниципального образования:

- жилой дом (включая многоквартирные, наемные и садовые);
- квартира или комната;
- гараж или машино-место;
- единый недвижимый комплекс;
- объект незавершенного строительства;
- иные здания, строения, сооружения или помещения.

Не подлежит налогообложению имущество, входящее в общее имущество многоквартирного дома.

При определении объекта налогообложения могут возникнуть некоторые затруднения следующего плана.

1. Из-за неоднозначности классификации по некоторым видам имущества бывает сложно определить, относятся ли они к объектам налогообложения. Например, неясно, следует ли рассматривать отдельные типы строений как жилые или коммерческие объекты.

2. Стоимость недвижимости или другого имущества может быть оспорена, если оно имеет нестандартные характеристики или специфическое назначение.

Решение указанных проблем, по нашему мнению, должно базироваться на следующих действиях:

1) уточнение законодательства (более четкие формулировки правил классификации и определений объектов налогообложения);

2) предоставление образовательных программ и консультаций для налогоплательщиков и налоговых служб с целью правильного понимания и применения законодательства;

3) обеспечение сотрудничества между различными органами и структурами, участвующими в процессе определения объектов налогообложения с целью устранения разногласий и повышения эффективности процесса.

Транспортный налог

В Налоговом кодексе Российской Федерации транспортный налог определяется как налог, который взимается с собственника зарегистрированного транспортного средства. Он регулируется главой 28 НК РФ, уточняется и дополняется законами субъектов РФ.

Объектами налогообложения признаются автомобили, мотоциклы, мотороллеры, автобусы и другие самоходные машины и механизмы на пневматическом и гусеничном ходу, самолеты, вертолеты, теплоходы, яхты, парусные суда, катера, снегоходы, мотосани, моторные лодки, гидроциклы, несамоходные (буксируемые суда) и другие водные и воздушные транспортные средства, зарегистрированные в установленном порядке в соответствии с законодательством Российской Федерации [8]. При этом следует отметить определенные характерные аспекты.

1. В российском законодательстве закреплены не только субъекты и объекты транспортного налогообложения, но и порядок, а также сроки уплаты транспортного налога.

2. В отечественном и зарубежном законодательстве предусмотрены различные льготы для конкретных категорий населения по уплате транспортного налога.

3. В законодательстве государств Европы целями транспортного налога являются не только ремонт и строительство дорожных сетей, но и финансирование экологических программ [12].

Тем не менее мы можем выделить следующие проблемы правового регулирования транспортного налога в России:

- 1) низкая собираемость транспортного налога;
- 2) прогрессивная шкала налоговых ставок на транспортные средства;
- 3) потеря транспортным налогом своей целевой нагрузки, так как «... налогоплательщик, уплатив налог, не видит качественных дорог» [11].

С учетом вышесказанного мы предлагаем решить возникающие проблемы следующим образом.

1. Расширить перечень налоговых льгот, предоставляемых налогоплательщикам, что призвано способствовать повышению собираемости транспортного налога.

2. Ввести изменения шкалы налоговых ставок на транспортные средства, опираясь на опыт Великобритании и учитывая марку автомобиля, мощность двигателя и тип топлива.

3. Создать специальные транспортные фонды, куда будут перечисляться денежные средства, полученные от уплаты транспортного налога, на ремонт и строительство новых дорожных сетей, а также финансирование государственных экологических программ.

Налог на добычу полезных ископаемых (гл. 26 НК РФ) – налог, который взимается с организаций или индивидуальных предпринимателей, признаваемых пользователями недр в соответствии с Законом РФ от 21.02.1992 № 2395-1 (ред. от 25.12.2023) «О недрах» [10].

Объектами налогообложения по налогу на добычу полезных ископаемых в соответствии со ст. 336 НК РФ признаются:

- 1) полезные ископаемые, добытые из недр на территории Российской Федерации на участке недр, предоставленном налогоплательщику в пользование;
- 2) полезные ископаемые, извлеченные из отходов (потерь) добывающего производства, если такое извлечение подлежит отдельному лицензированию;
- 3) полезные ископаемые, добытые из недр за пределами территории Российской Федерации, если добыча осуществляется на территориях, находящихся под юрисдикцией Российской Федерации.

Не признаются объектом налогообложения:

- 1) общераспространенные полезные ископаемые и подземные воды, используемые для личного потребления индивидуальным предпринимателем;
- 2) минералогические, палеонтологические и другие геологические коллекционные материалы;
- 3) полезные ископаемые, добытые при образовании, использовании, реконструкции и ремонте особо охраняемых геологических объектов;
- 4) полезные ископаемые, извлеченные из собственных отвалов или отходов горнодобывающего производства;
- 5) дренажные подземные воды, извлекаемые при разработке месторождений или при строительстве и эксплуатации подземных сооружений;
- 6) метан угольных пластов.

Теоретическое осмысление природы налогов прошло длительный путь эволюции – от представлений о налоге как о даре или жертве до современных концепций, рассматривающих налоги как сложный экономико-правовой инструмент. Как отмечается в современных исследованиях, налоговая система является основополагающим экономическим механизмом, напрямую влияющим как на общее развитие экономики, так и на уровень жизни общества.

Влияние налогов на организационно-экономический механизм наглядно иллюстрируется политикой в отношении малого бизнеса. С одной стороны, существуют специальные налоговые режимы (УСН, патент), призванные снизить нагрузку на предпри-

нимателей. С другой стороны, практика последних лет показывает тенденцию к ужесточению: например, снижение порога выручки для уплаты НДС существенно увеличивает фискальное бремя для небольших компаний. Это вынуждает их либо уходить в тень, либо менять бизнес-модель, что ведет к изменению всей структуры рынка.

Воздействие налогов на организационно-экономический механизм особенно наглядно проявляется на отраслевом уровне. Механизмы налогового регулирования могут быть направлены на снижение ресурсопотребления и минимизацию негативного воздействия на окружающую среду. В региональном аспекте налоговая политика выполняет функцию выравнивания экономического развития. Предоставление регионам права устанавливать пониженные ставки по отдельным налогам, создание территорий опережающего развития и особых экономических зон – все эти инструменты направлены на стимулирование экономической активности в менее развитых регионах.

Таким образом, можно отметить, что многообразие объектов налогообложения позиционируется Налоговым кодексом посредством видовой принадлежности того или иного налога. Проанализировав различные точки зрения авторов по проблеме определения объектов налогообложения, мы предлагаем внести в перечень классификационных признаков отдельных налогов следующие уточнения (рис. 2).

Налог на доходы физических лиц (НДФЛ)	Доход в денежной форме
	Доход в натуральной форме
	Доход в виде материальной выгоды
	Доход в виде цифровой виртуальной валюты
Имущественное налогообложение	Земельный налог для юридических лиц Земельный налог для физических лиц
	Транспортный налог для юридических лиц Транспортный налог для физических лиц
	Льготируемое имущество Нельготируемое имущество
Специальные режимы налогообложения	Объект налогообложения, влияющий на налоговую нагрузку в сторону ее увеличения
	Объект налогообложения, влияющий на налоговую нагрузку в сторону ее уменьшения
	Объект налогообложения, не оказывающий влияния на изменение налоговой нагрузки
Общий режим налогообложения	Объекты, подпадающие под налогообложение
	Объекты, не подпадающие под налогообложение

Рис. 2. Предлагаемые дополнения к классификации видов объектов налогообложения

Налоговый кодекс регламентирует уплату НДФЛ со всех видов доходов (выплаты заработной платы и премий, доходы от продажи недвижимости, вознаграждения за интеллектуальную деятельность и пр.), полученных в течение календарного года как в денежной, так и в натуральной форме. Однако особый интерес здесь представляют доходы

от реализации криптовалюты, которые также подлежат обложению НДФЛ и в настоящее время не находят нормативно-правового отражения. Фундаментальная проблема налогообложения криптовалют коренится в неопределенности их правовой природы. Одной из центральных проблем является отсутствие четких критериев отнесения криптовалют к той или иной категории активов для целей налогообложения [5].

В мировой практике сложились различные подходы к классификации криптовалют для целей налогообложения.

1. Подход как к имуществу: преобладает в США, где с 2014 г. рассматривают «конвертируемую виртуальную валюту» как имущество для целей федерального налогообложения. При этом отмечается, что «налоговый кодекс не рассматривает все имущество одинаково; в некоторых случаях разные виды имущества подлежат различному налоговому режиму» [12].

2. Подход как к валюте: применяется в ряде стран (Германия, Сальвадор), где криптовалюты признаются законным платежным средством с соответствующими налоговыми последствиями.

3. Подход как к товару: позиция, рассматривающая биткоин и другие криптовалюты как товары.

В России формирование системы налогообложения криптовалют находится на начальном этапе. Перспективными направлениями являются легализация криптовалютных операций, создание четкой системы налогообложения, разработка механизмов контроля и адаптация международного опыта. Решением может стать внесение изменений в ст. 38 НК РФ, расширяющих перечень объектов налогообложения с учетом новых экономических реалий. Дальнейшие исследования в этой области должны быть направлены на разработку конкретных механизмов налогообложения различных видов криптовалютных операций, оценку эффективности предлагаемых подходов и анализ их влияния на развитие криптовалютного рынка в России.

Акты законодательства о налогах и сборах должны быть сформулированы четко и однозначно (ст. 3 НК РФ), что не прослеживается в отношении объектов налогообложения. В частности, состав объектов налогообложения НДС носит размытый характер, утрачено выделение основных объектов налогообложения и тех, которые имеют определенные особенности.

В главе 25 НК РФ нет определения налогооблагаемой прибыли, а в ст. 247 этой главы отсутствует счетная единица.

По земельному налогу в ст. 389 НК не указана кадастровая стоимость как количественная характеристика объекта налогообложения.

В ст. 346.29 признается, что объектом налогообложения является вмененный доход, но понятие вмененного дохода приведено в другой статье.

По результатам проведенного анализа можно предложить следующие направления совершенствования нормативного регулирования.

1. Дополнить статью 38 НК РФ развернутой классификацией объектов налогообложения с указанием их видов и характеристик.

2. Унифицировать подходы к определению объекта налогообложения в различных главах НК РФ.

3. Закрепить в НК РФ методики разграничения объектов при совмещении налоговых режимов.

4. Внести изменения в отдельные главы НК РФ, направленные на устранение противоречий между нормами различной отраслевой принадлежности.

5. Следует разделить земельный налог, транспортный налог на отдельные налоги для граждан и организаций. Разграничение смешанных налогов позволит точнее сформулировать объект налогообложения.

Выводы

Объект налогообложения является фундаментальной категорией, с которым законодательство связывает возникновение обязанности по уплате налога. В связи с этим он должен обладать измеримостью, реальностью и быть установленным в законе.

В российском законодательстве сложилась система видов объектов налогообложения, включающая реализацию товаров (работ, услуг), имущество, прибыль, доход, расход и иные обстоятельства.

Классификация объектов налогообложения может проводиться по различным основаниям:

- экономическая природа;
- функциональное назначение;
- способ установления;
- характер отражаемых отношений.

Существуют проблемы разграничения объектов налогообложения при совмещении налоговых режимов, квалификации новых экономических явлений, а также противоречия между нормами различной отраслевой принадлежности.

Перспективными направлениями совершенствования законодательства являются:

- уточнение понятийного аппарата;
- унификация подходов к определению объектов;
- расширение перечня объектов с учетом новых экономических реалий.

Список источников

1. Барабаш Я.И., Беляева Т.П., Врублевская О.В. и др. Налоги и налогообложение: учебник для студентов высших учебных заведений. 6-е изд., доп.; под ред. М. Романовского, О. Врублевской. Москва: Питер, 2009. 522 с.
2. Брянцева Л.В., Улезько О.В., Маслова И.Н. и др. К вопросу об эффективности российской налоговой политики на современном этапе экономики // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2015. № 1(44). С. 72–78.
3. Бунько В.А. Объект налогообложения как научное понятие и рекомендации к его применению // Экономические науки. 2015. № 130. С. 71–74.
4. Грязнов С.А. Налогообложение в современном мире // Экономика и бизнес: теория и практика. 2021. № 2-1(72). С. 57–60. DOI: 10.24412/2411-0450-2021-2-1-57-60.
5. Дьячкина Л.А. Экспериментальное налоговое регулирование: современные тенденции и вопросы оценки эффективности // Финансы и кредит. 2025. № 9. С. 138–161. DOI: 10.24891/fmbork.
6. Зотиков Н.З. Имущественное налогообложение: направления совершенствования // Oeconomia et Jus. 2020. № 2. С. 1–16. DOI: 10.47026/2499-9636-2020-2-1-16.
7. Крущ З.А., Седлов И.В., Лавлинская А.Л. Организация финансов предприятия: учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2017. 254 с.
8. Налоговый кодекс Российской Федерации (часть вторая) от 05.08.2000 № 117-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: <https://www.consultant.ru> (дата обращения 02.05.2025).
9. НДС: некоторые вопросы исчисления, восстановления, выставления счетов-фактур // Налоговая политика и практика. 2020. № 3(207). С. 18–21.
10. О недрах: Закон РФ от 21.02.1992 № 2395-1 (последняя редакция) [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_343/ (дата обращения 02.12.2025).
11. Султыгова М.Б., Тарасова Е.С. Проблемы налоговой политики России с учетом анализа эффективности проводимой налоговой политики // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». 2025. № 3. С. 17–27. DOI: 10.17586/2310-1172-2025-18-3-17-27.
12. Тиникашвили Т.Ш., Федосимов Б.А. Необходимость и возможность реформирования российской системы налогообложения // Вестник НГУЭУ. 2024. № 3. С. 10-18. DOI: 10.34020/2073-6495-2024-3-010-018.

13. Управление разъясняет порядок получения семейной выплаты [Электронный ресурс] // Федеральная налоговая служба России. Официальный сайт. Дата публикации: 26.02.2026. URL: https://www.nalog.gov.ru/rn46/news/activities_fts/16605636/ (дата обращения: 27.02.2026).
14. ФНС России: письма, обязательные для применения налоговыми органами [Электронный ресурс] // Федеральная налоговая служба России. Официальный сайт. URL: https://www.nalog.gov.ru/rn77/about_fts/about_nalog/ (дата обращения: 19.08.2025).

References

1. Barabash Ya.I., Belyaeva T.P., Vrublevskaya O.V. et al. Taxes and taxation: a textbook for students of higher educational institutions. 6th edition, enlarge; edited by M. Romanovsky, O. Vrublevskaya. Moscow: Piter Publishers; 2009. 522 p. (In Russ.).
2. Bryantseva L.V., Ulezko O.V., Maslova I.N. et al. On the efficiency of the Russian tax policy in modern economy. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2015;1(44):72-78. (In Russ.).
3. Bunko V.A. The taxation object as a scientific notion and recommendations for its use. *Economic Sciences*. 2015;130:71-74. (In Russ.).
4. Gryaznov S.A. Taxation in the modern world. *Journal of Economy and Business*. 2021;2-1(72):57-60. DOI: 10.24412/2411-0450-2021-2-1-57-60. (In Russ.).
5. Dyachkina L.A. Experimental tax regulation: current trends and the issues of effectiveness. *Finance and Credit*. 2025;9:138-161. DOI: 10.24891/fmbork. (In Russ.).
6. Zotikov N.Z. Property taxation: areas of improvement. *Oeconomia et Jus*. 2020;2:-16. DOI: 10.47026/2499-9636-2020-2-1-16. (In Russ.).
7. Krush Z.A., Sedlov I.V., Lavlinskaya A.L. Financial Infrastructure of an Enterprise: textbook. 2nd edition, revised and enlarged. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Publishers; 2017. 254 p. (In Russ.).
8. Tax Code of the Russian Federation (Part Two) of 05.08.2000 No. 117-FZ. URL: <https://www.consultant.ru>. (In Russ.).
9. VAT: topical questions about the introduction of a system of traceability of goods and work with tax gaps. *Tax Policy and Practice*. 2021;2:18-21. (In Russ.).
10. Concerning Subsurface Resources: Law of the Russian Federation of 21.02.1992 No. 2395-1 (in the latest revision). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_343/. (In Russ.).
11. Sulytsova M.B., Tarasova E.S. Problems of Russia's tax policy taking into account the analysis of the effectiveness of the current tax policy. *Scientific journal NRU ITMO. Series "Economics and Environmental Management"*. 2025;3:17-27. DOI: 10.17586/2310-1172-2025-18-3-17-27. (In Russ.).
12. Tinikashvili T.Sh., Fedosimov B.A. The need and possibility of reforming the Russian taxation system. *Vestnik NSUEM*. 2024;3:10-18. (In Russ.) DOI: 10.34020/2073-6495-2024-3-010-018. (In Russ.).
13. Federal Tax Service of Russia explains the procedure for receiving family payments. Federal Tax Service of Russia. Official Website. Publication date 26.02.2026. URL: https://www.nalog.gov.ru/rn46/news/activities_fts/16605636/. (In Russ.).
14. Federal Tax Service of Russia. Letters mandatory for use by tax authorities. Federal Tax Service of Russia. Official Website. URL: https://www.nalog.gov.ru/rn77/about_fts/about_nalog/. (In Russ.).

Информация об авторах

Л.В. Брянцева – доктор экономических наук, профессор кафедры финансов и кредита ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», blv2466@mail.ru.

И.А. Сапрыкина – кандидат юридических наук, доцент кафедры финансового права ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», irina-saprykina@rambler.ru.

Е.Е. Бичева – кандидат экономических наук, доцент кафедры финансов и кредита ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», elenabicheva@yandex.ru.

Information about the authors

L.V. Bryantseva, Doctor of Economic Sciences, Professor, the Dept. of the Finance and Credit, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, blv2466@mail.ru.

I.A. Saprykina, Candidate of Legal Sciences, Associate Professor of the Department of Financial Law, Voronezh State University, Russian Federation, Voronezh, irina-saprykina@rambler.ru

E.E. Bicheva, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, the Dept. of the Finance and Credit, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, elenabicheva@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 28.02.2026; одобрена после рецензирования 28.03.2026; принята к публикации 29.03.2026.

The article was submitted 28.02.2026; approved after reviewing 25.03.2026; accepted for publication 29.03.2026.

© Брянцева Л.В., Сапрыкина И.А., Бичева Е.Е., 2026

**Советы по защите докторских и кандидатских диссертаций,
созданные на базе Воронежского государственного
аграрного университета имени императора Петра I**

В настоящее время на базе ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» функционируют четыре диссертационных совета: **35.2.008.01, 35.2.008.02, 35.2.008.03 и 35.2.008.04.**

Диссертационный совет 35.2.008.01 (приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 1218/нк от 12 октября 2022 г.) принимает к защите диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по специальностям:

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки);

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (сельскохозяйственные науки).

Председатель – Оробинский Владимир Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (4.3.1., сельскохозяйственные науки).

Заместитель председателя – Гулевский Вячеслав Анатольевич, доктор технических наук, доцент (4.3.1., технические науки).

Ученый секретарь – Афоничев Дмитрий Николаевич, доктор технических наук, профессор (4.3.1., технические науки).

Диссертационный совет 35.2.008.02 (приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 1384/нк от 28 октября 2022 г.) принимает к защите диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по специальности

5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (экономические науки).

Председатель – Агибалов Александр Владимирович, доктор экономических наук, профессор (5.2.3., экономические науки).

Заместитель председателя – Терновых Константин Семенович, доктор экономических наук, профессор (5.2.3., экономические науки).

Заместитель председателя – Запорожцева Людмила Анатольевна, доктор экономических наук, доцент (5.2.3., экономические науки).

Ученый секретарь – Медеяева Зинаида Петровна, доктор экономических наук, профессор (5.2.3., экономические науки).

Диссертационный совет 35.2.008.03 (приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 1541/нк от 21 ноября 2022 г.) принимает к защите диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по специальностям:

1.5.20. Биологические ресурсы (сельскохозяйственные науки);

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки).

Председатель – Коржов Сергей Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (4.1.3., сельскохозяйственные науки).

Заместитель председателя – Олейникова Елена Михайловна, доктор биологических наук, доцент (1.5.20., сельскохозяйственные науки).

Ученый секретарь – Высоцкая Елена Анатольевна, доктор биологических наук, доцент (1.5.20., сельскохозяйственные науки).

Диссертационный совет 35.2.008.04 (приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 75/нк от 13 февраля 2024 г.) принимает к защите диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по специальностям:

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки);

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений (сельскохозяйственные науки).

Председатель – Кадыров Сабир Вагидович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (4.1.1., сельскохозяйственные науки).

Заместитель председателя – Образцов Владимир Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, доцент (4.1.1., сельскохозяйственные науки).

Ученый секретарь – Несмеянова Марина Анатольевна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент (4.1.1., сельскохозяйственные науки).

Информация для авторов

Редакция принимает ранее не опубликованные и не направленные для публикации в другие издания материалы, содержащие результаты законченных экспериментальных, теоретических и методических исследований в различных областях сельскохозяйственных, технических и экономических наук, а также сообщения о не завершенных, но уже давших определенные результаты, научных работах.

Предлагаемые к опубликованию материалы должны соответствовать научным специальностям и отраслям наук, по которым журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий.

Статьи принимаются объемом до 20 страниц и 6 рисунков, краткие сообщения – до 5 страниц и 3 рисунков. В журнале могут быть представлены тематические или целевые публикации по материалам круглых столов и конференций, а также обзорные статьи.

Рукописи статей должны быть тщательно выверены и отредактированы, текст должен быть изложен ясно и последовательно, оригинальность текста – не менее 75% по системе Антиплагиат.

Материалы статей должны содержать:

- индекс УДК;
- название статьи на русском языке (должно быть кратким и четким);
- имя, отчество, фамилию автора / авторов на русском языке (по каждому автору с новой строки);
- полное название организации, где работает (-ют) или учится (-атся) автор (-ы), на русском языке;
- аннотация на русском языке объемом от 200 до 250 слов (не более 2000 знаков с пробелами), которая представляет собой краткое, точное изложение статьи в соответствии с ее структурой (предмет, цель работы, метод и методология проведения работы, результаты и область их применения, выводы). Аннотация не разбивается на абзацы, содержит фактографию и обоснованные выводы;

Далее приводится следующая информация на английском языке:

- название статьи;
- имя, отчество, фамилия автора / авторов (по каждому автору с новой строки);
- полное название организации, где работает (-ют) или учится (-атся) автор (-ы);
- аннотация (непроверенные машинные переводы рефератов не принимаются);
- ключевые слова.

Текст предлагаемых к публикации материалов рекомендуется структурировать, приводя соответствующий раздел либо без названия подзаголовка, либо используя следующие подзаголовки: введение, методика эксперимента, результаты и их обсуждение, выводы (заключение).

Каждая публикация должна иметь библиографический список, оформленный в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 (с изменениями), содержащий не менее 10 библиографических записей, сгруппированных в алфавитном порядке, самоцитирование – не более 20% списка. На каждый источник должна быть ссылка в тексте.

В конце статьи приводятся сведения об авторе (-ах) и принадлежность к организации на русском и английском языках (Information about the authors): имя, отчество и фамилия, ученая степень, ученое звание, должность, полное название места работы или учебы (с указанием кафедры или подразделения организации или учреждения), а также полный почтовый адрес и контактная информация (телефон, e-mail). Информация о каждом авторе приводится с нового абзаца на русском и английском языках (пример оформления приведен на сайте журнала).

Материалы представляются в электронном виде, подготовленном в редакторе MS Word 2010. Текст статьи должен быть набран с абзацным отступом 1,25 см, кегль 12, через одинарный интервал, выравниванием по ширине и иметь следующий размер полей: левое, правое, верхнее, нижнее – 2,5 см (формат А4). Рисунки (графический материал) должны быть выполнены в форме jpg или tif с разрешением не менее 200 dpi, обеспечивать ясность передачи всех деталей (только черно-белое исполнение). Таблицы являются частью текста и не должны создаваться как графические объекты. Полутонные фотографии могут использоваться только при крайней необходимости. Таблицы, рисунки, а также уравнения нумеруются в порядке их упоминания в тексте.

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Статьи рецензируются.

Редактор **А.В. Квасникова**
Компьютерная верстка **Е.В. Корнова**

Дата выхода в свет 05.05.2026. Формат 60х84^{1/8}
Бумага офсетная. Объем 27,62 п.л. Гарнитура Times New Roman.
Тираж 55 экз. Заказ № 28536
Цена свободная; 12+

ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ
Отпечатано: Центр полиграфических услуг (типография) ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ
394087, Воронеж, ул. Мичурина, 1
Адрес редакции, издателя: 394087, Воронеж, ул. Мичурина, 1



ISSN 2071-2243



9 772071 224005 20261