

ISSN 2071-2243

DOI: 10.53914/issn2071-2243

EDN: LNJWSG

ВЕСТНИК

**Воронежского государственного
аграрного университета**

**Теоретический
и научно-практический
журнал**

Том 18, 1(84) • 2025



ISSN 2071-2243

DOI: 10.53914/issn2071-2243

EDN: LNJWSG

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 18,
выпуск 1(84)**

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2025_1

ВОРОНЕЖ
ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ
2025

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

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА – **Запорожцева Л.А.**, министр экономического развития Воронежской области, 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, № 429 по состоянию на 18.03.2025

По результатам Итогового распределения журналов, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий, 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».

Исмуратов 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, заместитель директора по научной работе Липецкого филиала ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», профессор кафедры менеджмента и общегуманитарных дисциплин.

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, 2025

ISSN 2071-2243

DOI: 10.53914/issn2071-2243

EDN: LNJWSG

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 18,
Issue 1(84)**

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2025_1

VORONEZH
Voronezh SAU
2025

EDITOR-IN-CHIEF – **Agibalov A.V.**, Rector, 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, Professor, 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. 429 as of March 18, 2025**

**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, Protection and Quarantine of Plants
(Agricultural Sciences) (from 13.10.2022);
- 4.1.3.** Agricultural Chemistry, Agronomic Soil Science, Protection and Quarantine of Plants
(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 Agrocenosis, 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. Obratsov, 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. Zavrazhnov, 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, Vice-Rector for Research, Lipetsk Branch of Financial University under the Government of the Russian Federation, Professor at the Department of Management and General Humanitarian Disciplines.

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, 2025

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., Ци Э., Тороп Е.А., Голубцов Д.Н., Денеженко М.А., Льв Х., Хуанг В.

Перспективные сорта картофеля китайской селекции для возделывания
в Центральном Черноземье России

Obraztsov V.N., Qi E., Torop E.A., Golubtsov D.N., Denezhenko M.A., Lv H., Huang W.

Promising Chinese potato varieties for cultivation in the Central Chernozem Region of Russia 13

Стоянова Е.М., Образцов В.Н., Мокрянская Т.И.

Особенности формирования продуктивности картофеля
в зависимости от приемов посадки

Stoyanova E.M., Obraztsov V.N., Mokryanskaya T.I.

Features of potato productivity generation depending on planting practices 19

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)

Бондарчук О.В., Хворостяной А.С., Бондарчук Т.В.

Эффективность технологий биоремедиации почвы в агроценозах подсолнечника

Bondarchuk O.V., Khvorostyanoy A.S., Bondarchuk T.V.

Effectiveness of soil bioremediation technologies in sunflower agrocenosis 26

Голубцов Д.Н., Образцов В.Н., Ци Э., Тороп Е.А., Денеженко М.А., Льв Х., Хуанг В.

Оценка поражения картофеля вредителями и болезнями
при возделывании в лесостепи Центрального Черноземья

Golubtsov D.N., Obraztsov V.N., Qi E., Torop E.A., Denezhenko M.A., Lv H., Huang W.

Assessment of the impact of potato diseases and crop infestation during cultivation
in the forest-steppe of the Central Chernozem Region 35

Ефремова И.В., Мелькумов Г.М., Клишкин А.Ф., Мелькумова Е.А., Голубцов Д.Н.

Новые генотипы озимой пшеницы, устойчивые к твердой головне

Efremova I.V., Melkumov G.M., Klimkin A.F., Melkumova E.A., Golubtsov D.N.

New genotypes of winter wheat resistant to bunt smut 42

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

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

Мухортов С.Я.

Особенности фотосинтеза у растений капусты белокочанной различных сортов и гибридов при применении регуляторов роста в условиях лесостепи ЦЧР России

Mukhortov S.Ya.

Features of photosynthetic activity in plants of various varieties of white cabbage when using growth regulators in the forest-steppe of the Central Chernozem region of Russia 50

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)

Беляев А.Н., Химченко А.В., Мухин А.М., Тришина Т.В.

Оценка эффективности применения различных видов рулевых приводов на тракторе Беларус-80.1

Belyaev A.N., Khimchenko A.V., Mukhin A.M., Trishina T.V.

Assessment of feasibility of various types of steering gears on the Belarus-80.1 tractor..... 60

Васильев В.В., Афоничев Д.Н.

Обоснование параметров специального пути для перемещения робота в теплице

Vasiliev V.V., Afonichev D.N.

Substantiation of estimated parameters of robot's travel path in a greenhouse 70

4.3.2. ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И
ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА
(ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

4.3.2. ELECTROTECHICS, ELECTRICAL EQUIPMENT AND ELECTRICAL
POWER SUPPLY FOR AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX
(ENGINEERING SCIENCES)

Извеков Е.А.

Оценка эффективности применения системы накопления электрической энергии для компенсации потерь напряжения в воздушных линиях электропередачи напряжением 0,4 кВ

Izvekov E.A.

Assessment of feasibility of the electrical energy storage system of compensation for losses in overhead power transmission lines with voltage of 0.4 kV 84

Мазуха Н.А., Афоничев Д.Н.

Совершенствование защиты асинхронных электроприводов

Mazukha N.A., Afonichev D.N.

Improving the protection of asynchronous electric drives 96

Виноградова А.В., Виноградов А.В.

Систематизация причин отключений в сельских электрических сетях

Vinogradova A.V., Vinogradov A.V.

Systematization of causes of power outages in rural electrical networks 103

5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА

(ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS

(ECONOMIC SCIENCES)

Коваленко Ю.Н., Улезько А.В.

Тенденции развития агропродовольственного комплекса и институциональной среды

Kovalenko Yu.N., Ulez'ko A.V.

Trends in the development of Agrifood Complex and the institutional environment 112

Данилова И.В., Богданова О.А., Резепин А.В.

Экспортно ориентированное развитие монопрофильных регионов:

адаптация к внешнеэкономическим ограничениям

Danilova I.V., Bogdanova O.A., Rezepin A.V.

Export-oriented development of single-industry regions:

adaptation to external economic restrictions 124

Яковенко Н.А., Иваненко И.С.

Направления реализации импортозамещающей стратегии

в молочнопродуктовой цепочке России

Yakovenko N.A., Ivanenko I.S.

Directions for the development of import substituting strategy in the dairy product chain of Russia 141

Иванова Е.В., Анциферова О.Ю., Мягкова Е.А.

Организационно-экономические аспекты развития садоводства

Ivanova E.V., Antsiferova O.Yu., Myagkova E.A.

Organizational and economic aspects of horticultural development..... 153

Тугускина Г.Н., Мустафин А.Н.

Обеспечение кадрами предприятий аграрного сектора

экономики: проблемы и подходы к решению

Tuguskina G.N., Mustafin A.N.

Strategic staffing of enterprises in agricultural sector of economic activity:

problem-solving approach 162

Дубовицкий А.А., Климентова Э.А., Шацкий В.А.

Интеграция машинного обучения в систему прогнозирования

экономических параметров агропродовольственного сектора

Dubovitskiy A.A., Klimentova E.A., Shatskiy V.A.

Integration of machine learning into the forecasting system of economic

parameters of the agrifood sector 169

Хаметов Т.И., Шиндяпин М.В.

Практика функционирования Единой федеральной информационной

системы о землях сельскохозяйственного назначения

Khametov T.I., Shindyapin M.V.

Practice of functioning of the Integrated Federal Information System on Agricultural Lands 190

5.2.4. ФИНАНСЫ (ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

5.2.4. FINANCE (ECONOMIC SCIENCES)

Брянцева Л.В., Орбинская И.В.

Ключевые аспекты налогового администрирования крупнейших налогоплательщиков

Bryantseva L.V., Orobinskaya I.V.

Key aspects of tax administration of the largest taxpayers..... 200

НАУЧНАЯ ЖИЗНЬ
SCIENTIFIC ACTIVITIES

Оробинский В.И., Воищев В.С., Шендриков Е.А.

К 80-летию Победы над фашисткой Германией: факультет механизации сельского хозяйства
Воронежского сельскохозяйственного института в годы Великой Отечественной войны 1941–1945 гг.

Orobinsky V.I., Voishchev V.S., Shendrikov E.A.

The 80th Anniversary of Great Victory over Nazi Germany: Faculty of Rural Engineering
of Voronezh Agricultural Institute during the Great Patriotic War in 1941-1945.....211

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.....217

Информация для авторов

Information for the authors218

4.1.1. ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 631.5:633/635

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2025_1_13

EDN: LNLKJI

**Перспективные сорта картофеля китайской селекции
для возделывания в Центральном Черноземье России****Владимир Николаевич Образцов^{1✉}, Энфан Ци², Елена Александровна Тороп³,
Дмитрий Николаевич Голубцов⁴, Михаил Александрович Денеженко⁵,
Хепин Лв⁶, Вэй Хуанг⁷**^{1, 3, 4, 5} Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
Воронеж, Россия^{2, 7} Научно-исследовательский институт картофеля Академии сельскохозяйственных наук
провинции Ганьсу, Ланчжоу, Китайская Народная Республика⁶ Академия сельскохозяйственных наук провинции Ганьсу, Ланчжоу,
Китайская Народная Республика¹ ovennn@mail.ru✉

Аннотация. Картофель как продовольственная культура занимает третье место в мире (после риса и пшеницы) по объему потребления, как сельскохозяйственная культура выращивается во всех странах мира, способствуя решению таких задач, как ликвидация голода, устойчивое развитие сельского хозяйства и расширение экономических возможностей. В комплексе вопросов, связанных с выращиванием высоких и устойчивых урожаев, важное значение имеет качество посадочного материала. Приведена характеристика основных хозяйственно ценных признаков перспективных сортов картофеля китайской селекции для возделывания в условиях ЦЧР. Сорт Longshu 7 позднеспелый, имеет высокую устойчивость к фитофторозу и вирусным заболеваниям. Отличается длительным периодом покоя, предназначен для длительного хранения. Вкусовые качества клубней – хорошие, универсального назначения. Средняя урожайность составляет 32,4 т/га. Сорт Longshu 9-а среднеспелый, умеренно устойчив к фитофторозу и к вирусу скручивания листьев. Клубни имеют длительный период покоя, устойчивы к транспортировке и длительному хранению. Вкусовые качества – отличные, сорт пригоден для приготовления чипсов и цельной картофельной муки. Средняя урожайность – 29,2 т/га. Сорт Longshu 9-б раннеспелый, устойчив к вирусу скручивания листьев, среднеустойчив к вирусу мозаики. Урожайность составляет 32,3–56,0 т/га. Сорт Longshu 10-а среднеранний, устойчив к фитофторозу, сильно устойчив к вирусным заболеваниям скручивания листьев. Вкусовые качества – хорошие. Урожайность составляет 21,7–37,2 т/га. Сорт Longshu 10-б позднеспелый, устойчив к фитофторозу, сильно устойчив к вирусным заболеваниям скручивания листьев. Вкус и аромат при варке хорошие. Сорт подходит для пищевых целей и производства крахмала и картофельной муки. Средняя урожайность – 27,3 т/га. Полученные результаты позволяют выделить лучшие сорта картофеля различного целевого использования, отличающиеся широким диапазоном адаптивности к условиям произрастания, высоким потенциалом урожайности и качества продукции.

Ключевые слова: картофель, сорт, селекция, качество, сухие вещества, устойчивость к болезням, хозяйственно ценные признаки, урожайность, масса клубней, биохимические показатели, глубина залегания глазков

Для цитирования: Образцов В.Н., Ци Э., Тороп Е.А., Голубцов Д.Н., Денеженко М.А., Лв Х., Хуанг В. Перспективные сорта картофеля китайской селекции для возделывания в Центральном Черноземье России // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2025. Т. 18, № 1(84). С. 13–18. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_13–18.

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

Original article

**Promising Chinese potato varieties for cultivation
in the Central Chernozem Region of Russia****Vladimir N. Obratsov^{1✉}, Enfang Qi², Elena A. Torop³, Dmitriy N. Golubtsov⁴,
Mikhail A. Denezhenko⁵, Heping Lv⁶, Wei Huang⁷**^{1, 3, 4, 5} Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia^{2, 7} Potato Research Institute of Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou,
People's Republic of China⁶ Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, People's Republic of China¹ ovennn@mail.ru✉

Abstract. Potato as a food crop is the third largest in the world (after rice and wheat) in terms of consumption, as an agricultural crop is grown in all countries of the world, contributing to solving a large number of problems such as eliminating hunger, sustainable agricultural development and expanding economic opportunities. In the complex of issues related to the cultivation of high and sustainable yields of potato varieties, the quality of the planting material is of great importance. The characteristics of the main economically useful features of promising Chinese potato varieties for cultivation in the conditions of the Central Chernozem region of Russia are given. The Longshu 7 late-ripening variety has high resistance to late blight and viral diseases. It is characterized by long dormant period and is intended for prolonged storage. The all-purpose tubers taste is evaluated as good. The average yield is 32.4 t/ha. The Longshu 9-a variety is medium-late-ripening, moderately resistant to late blight and potato leafroll virus. Tubers have a long dormant period, are resistant to transportation and long-term storage. The tubers taste is evaluated as excellent, the variety is suitable for making chips and whole potato flour. The average yield is 29.2 t/ha. The Longshu 9-b variety is early-maturing, resistant to leafroll virus, medium-resistant to mosaic virus. The weight of one tuber is about 160 g. The yield is 32.3-56.0 t/ha. The Longshu 10-a variety is medium-early, resistant to late blight, highly resistant to leafroll viral diseases. The tubers taste is evaluated as good. The yield of the variety is 21.7–37.2 t/ha. The Longshu 10-b variety is late-ripening, resistant to late blight, highly resistant to leafroll viral diseases. The tubers taste and aroma at cooking are evaluated as good. The variety is suitable for food purposes and for the production of starch and potato flour. The average yield is 27.3 t/ha. The results obtained make it possible to identify the best potato varieties for various purposes, characterized by a wide range of adaptability to growing conditions, high yield potential and product quality.

Keywords: potato, variety, breeding, quality, dry matter, disease resistance, agronomic character, yield, tuber weight, biochemical indicators, eyehole occurrence depth

For citation: Obraztsov V.N., Qi E., Torop E.A., Golubtsov D.N., Denezhenko M.A., Lv H., Huang W. Promising Chinese potato varieties for cultivation in the Central Chernozem Region of Russia. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2025;18(1):13-18. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_13-18.

Картофель (*Solanum tuberosum* L.) – это один из главных продуктов, производящихся в агропродовольственных системах, имеет большое значение как для небольших фермерских хозяйств, так и для крупных сельскохозяйственных предприятий в разных частях света. Как продовольственная культура картофель находится на третьем месте в мире (после риса и пшеницы) по объему потребления, как сельскохозяйственная культура выращивается населением и в сельских, и в городских районах во всех странах мира, способствует решению большого количества задач, таких как ликвидация голода, устойчивое развитие сельского хозяйства и расширение экономических возможностей. Картофель не только составляет основу рациона значительной доли населения планеты, но и обеспечивает возможности для его занятости и устойчивого экономического роста во всех сегментах производственно-сбытовых цепочек [3, 8].

Во многих странах картофель является главным источником углеводов и часто используется в качестве заменителя злаков. Он также содержит необходимые питательные вещества, такие как белок и минералы (Ca, P и Fe), витамины (B₁, B₂, B₆ и C) и аминокислоты, такие как лейцин, триптофан и изолейцин.

В мире существует более 5000 сортов картофеля, многие из которых выращиваются и употребляются исключительно коренными народами Андских высокогорий – региона, являющегося центром генетического разнообразия этой культуры. Кроме того, известно около 180 видов дикого картофеля, обладающих ценными наследственными признаками, такими как адаптация к различным условиям выращивания, устойчивость к болезням и вредителям, а также высокая питательная ценность [1, 4, 5, 9].

В XVI в. картофель был завезен в Европу колонизаторами Южной Америки, после чего распространился по всему миру. За 500 лет он стал одной из важнейших продовольственных культур, способствуя снижению зависимости от зерновых и ускорению урбанизации благодаря увеличению продовольственных запасов. В Китае, например, картофель помогал предотвращать голод во времена правления династии Цин. В периоды кризисов, таких как Вторая мировая война, картофель, благодаря своей высокой урожайности и простоте обработки, играл ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности. Это делает его особенно важным продуктом в регионах, где доступ к продовольствию ограничен из-за разрушения товаропроводящих цепочек [2, 6, 7, 10].

Выращивание картофеля в китайской провинции Ганьсу имеет многовековую историю. В настоящее время это один из важнейших центров Китая по производству и переработке товарного картофеля, площадь возделывания которого составляет более 700 тыс. га. Провинция Ганьсу занимает второе место в стране по объемам разведения семенного картофеля.

Сотрудники Академии сельскохозяйственных наук провинции Ганьсу на базе Научно-исследовательского института занимаются селекцией новых сортов картофеля уже более чем 50 лет. За это время было выведено 39 сортов картофеля, сохранено более 680 экземпляров зародышевой плазмы. Результаты научно-исследовательской работы Института были многократно отмечены на уровне провинции Ганьсу и Министерства сельского хозяйства КНР, были получены награды за селекцию новых сортов картофеля, сохранение зародышевой плазмы и другие биологические исследования, в том числе с использованием геномной инженерии. Исследования по оздоровлению картофеля, особенно высококрахмальных сортов, и селекционная работа по созданию сортов, устойчивых к фитофторозу, занимают лидирующие позиции в Китае. Усовершенствовано разведение семенного картофеля и система оценки его качества, внесен выдающийся вклад в развитие картофельной промышленности не только провинции Ганьсу, но и Северо-Западных территорий Китая [11, 12, 13].

В декабре 2019 г. между ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ и Академией сельскохозяйственных наук провинции Ганьсу было заключено Соглашение о сотрудничестве, которое предусматривает создание демонстрационных посевов картофеля с целью отбора сортов, подходящих для местных почвенно-климатических условий, проведения опытных и демонстрационных работ и исследований по созданию крупномасштабного распространения подходящих сортов в условиях сельскохозяйственного производства в Воронежской области и провинции Ганьсу.

В июне 2022 г. Академия сельскохозяйственных наук провинции Ганьсу передала в ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ 5 лучших сортов картофеля своей селекции для проведения полевых и лабораторных исследований. Характеристика этих сортов представлена ниже.

Сорт Longshu 7 был одобрен для выращивания в провинции Ганьсу, расположенной на севере центральной части Китая в 2008 г. В 2009 г. Национальный комитет по утверждению сортов сельскохозяйственных культур в Китае разрешил его возделывание. С 2017 г. сорт также рекомендуется выращивать в провинции Гуандун.

Для получения сорта были использованы китайский сорт Чжуаншу 3 (материнская форма), а также импортированная зародышевая плазма Frito-Lay (отцовская форма).

Сорт позднеспелый, период роста (от всходов до созревания) составляет около 120–125 дней. Стебли – полупрямостоячие, высотой около 80 см, тенденция роста растения – сильная. Стебли имеют светло-фиолетовую окраску, листья – темно-зеленую, венчик – белую. В одном кусте завязывается 6–8 клубней удлиненно-овальной правильной формы с желтой кожурой и желтой мякотью. Глазки немногочисленны и очень мелкие. Доля крупных и средних клубней составляет 90%. Сорт имеет высокую устойчивость к фитофторозу и сильную устойчивость к вирусным заболеваниям. Отличается длительным периодом покоя, предназначен для длительного хранения. Содержание сухого вещества в клубнях составляет 26,0%, крахмала – 19,68%, редуцирующих сахаров – 0,17%, сырого протеина – 2,37%, витамина С – 25,2 мг/100 г. Вкусовые качества – хорошие, сорт универсального назначения, подходит для пищевых целей и производства чипсов. В условиях провинции Ганьсу сорт Longshu 7 по продуктивности занимает первое место. Средняя его урожайность составляет 32,4 т/га, что на 35,14% больше, чем у унифицированного стандарта сорта Вэйшу 1.

Сорт Longshu 9-a был одобрен к выращиванию в провинции Ганьсу в 2010 г. Для получения сорта Longshu 9-a был использован гибридный материал 93-10-237 (материнская форма) и гибридный материал Датун G-13-1 (отцовская форма). Сорт среднепозднеспелый, срок от всходов до созревания составляет около 115–118 дней. Стебли – полупрямостоячие, высотой 65–75 см. Один куст завязывает 4–5 клубней, их расположение – компактное. Клубни имеют округло-плоскую форму, светло-желтую кожуру и светло-желтую мякоть. Кожура – грубая, глубина залегания глазков – мелкая. Доля крупных и средних клубней составляет более 95%. Сорт умеренно устойчив к фитофторозу и к вирусу скручивания листьев. Клубни имеют длительный период покоя, устойчивы к транспортировке и длительному хранению. Вкусовые качества – отличные, клубни пригодны для приготовления чипсов и цельной картофельной муки. Содержание сухого вещества в клубнях составляет 26,18%, крахмала – 20,39%, сырого протеина – 2,84%, витамина С – 13,18 мг/100 г., редуцирующих сахаров – 0,201%. В условиях провинции Ганьсу урожайность составляет от 17,4 до 38,4 т/га, средняя урожайность – 29,2 т/га.

Сорт Longshu 9-b был одобрен к выращиванию в провинции Ганьсу в 2021 г. Для получения сорта Longshu 9-b был использован гибридный материал LK99 (материнская форма) и сорт JiZhangshu 8 (отцовская форма).

Сорт раннеспелый, срок от всходов до созревания составляет около 89–93 дня. Стебли – полупрямостоячие, высотой 60–65 см. Один куст завязывает 4–5 клубней, доля крупных и средних клубней составляет более 90%. Клубни овальной формы с гладкой кожицей, глазки неглубокие, кожура и мякоть белые. Сорт устойчив к вирусу скручивания листьев, среднеустойчив к вирусу мозаики. Вес одного клубня составляет около 160 г. В условиях провинции Ганьсу урожайность сорта – от 32,3 до 56,0 т/га.

Сорт Longshu 10-a был рекомендован к выращиванию в провинции Ганьсу в 2012 г. В качестве родительских линий для скрещивания использовались сорт Гушу 83-33-1 (материнская форма) и гибридный материал 119-8 (отцовская форма).

Сорт среднеранний, период роста около 110–115 дней. Стебли – полупрямостоячие высотой 60–65 см. Один куст завязывает 3–5 клубней, доля крупных и средних клубней составляет более 90%. Клубни овальной формы с гладкой кожицей, глазки очень мелкие, кожура и мякоть желтые. Клубни имеют длительный период покоя и подходят к употреблению в свежем виде. Содержание сухого вещества в клубнях составляет 22,16%, крахмала – 17,21%, сырого протеина – 2,39%, витамина С – 21,57–25,53 мг/100 г, редуцирующих сахаров – 0,57%. Вкусовые качества – хорошие. Сорт устойчив к фитофторозу, сильно устойчив к вирусным заболеваниям скручивания листьев. В условиях провинции Ганьсу урожайность сорта составляет от 21,7 до 37,2 т/га.

Сорт Longshu 10-b был одобрен к выращиванию в провинции Ганьсу в 2016 г. В качестве родительских линий для скрещивания использовались сорт L9712-2 (материнская форма) и гибридный материал L0202-2 (отцовская форма).

Сорт позднеспелый, период роста около 121 дней. Стебли – полупрямостоячие, высота растений – около 65 см. Клубни овальной формы, с желтой кожицей и желтой мякотью, с гладкой кожурой, крупные и аккуратные, глазки мелкие. Вкус и аромат при варке хорошие. Содержание сухого вещества в клубнях составляет 26,03% (максимальное – 31,20%), крахмала – 20,26% (максимальное – 24,73%), сырого протеина – 2,63%, витамина С – 16,23 мг/100 г, редуцирующих сахаров – 0,20%. Сорт подходит для пищевых целей и производства крахмала и картофельной муки. Устойчив к фитофторозу, сильно устойчив к вирусным заболеваниям скручивания листьев. В условиях провинции Ганьсу средняя урожайность сорта составляет 27,3 т/га.

Исследовательская работа по изучению новых сортов картофеля столового и универсального назначения, с хорошими вкусовыми качествами, устойчивых к различным патогенам и адаптированных к почвенно-климатическим условиям в ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ и НИИ картофеля Академии сельскохозяйственных наук провинции Ганьсу продолжается. Полученные результаты позволят выделить лидирующие сорта картофеля различного целевого использования, отличающиеся наиболее широким диапазоном адаптивности к условиям произрастания, высоким потенциалом урожайности и качества продукции. Применение улучшенных сортов и современных агрономических приемов позволит производить больше продукции с меньшей площади и сделать еще один шаг к созданию устойчивых систем растениеводства.

Список источников

1. Гаспарян И.Н., Гаспарян Ш.В. Картофель: технологии возделывания и хранения: учебное пособие. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 256 с.
2. Гуреева Ю.А., Батов А.С. Изучение среднеспелых сортов картофеля для переработки на хрустящий картофель и фри // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2023. № 11(229). С. 55–61. DOI: 10.53083/1996-4277-2023-229-11-55-61.
3. Езаов А.К., Маржохова М.А., Назранов Х.М. и др. Организационно-экономические аспекты семеноводства картофеля: тенденции и перспективы развития: монография. Нальчик: ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, 2018. 228 с.
4. Ивенин В.В., Ивенин А.В. Агротехнические особенности выращивания картофеля: учебное пособие. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 336 с.
5. Лукиных М.И., Чугунова О.В., Заворохина Н.В. Рынок картофеля и оценка качества различных сортов картофеля при их кулинарной обработке // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2023. № 4. С. 176–183. DOI: 10.24412/2311-6447-2023-4-176-183.
6. Мазур А.М., Таразевич Е.В., Василевская В.В. и др. Исследование новых сортов картофеля белорусской селекции для производства хрустящего картофеля // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2022. Т. 15, № 1(55). С. 15–20. DOI: 10.47612/2073-4794-2022-15-1(55)-15-20.
7. Савельев В.А. Картофель: монография. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 240 с.
8. 30 мая отмечается Международный день картофеля [Электронный ресурс] // Журнал «Картофельная Система» – Межрегиональный информационно-аналитический журнал для профессионалов агробизнеса. URL: <https://potatosystem.ru/30-maya-otmechaetsya-mezhdunarodnyj-den-kartofelya/> (дата обращения: 18.06.2024).
9. Тулуш В.П., Балган Л.Д. Семеноводство картофеля: учебное пособие. Кызыл: ФГБОУ ВО ТувГУ, 2018. 114 с.
10. Цыбикова О.М. Семеноводство картофеля: учебно-методическое пособие. Улан-Удэ: ФГБОУ ВО Бурятская ГСХА им. В.Р. Филиппова, 2019. 88 с.
11. Huang W., Qi E., Jia X. et al. Effects of Different Cultivation Methods on Yield and Economic Benefit of Potato in Plateau of Eastern Gansu Province // Vegetables. 2021. Vol. 11. Pp. 21–24.
12. Li J., Li G., Wen G. et al. Evaluating Varieties and Testing Sites in Potato Regional Trial in Gansu Province by GGE Biplot Based on Genstat // Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica. 2018. Vol. 8. Page 1146–1151.
13. Ma Sh., Qi E., Wen G. et al. Comprehensive Evaluation of Drought Resistance of Different Potato Varieties Based on Leaf Microstructure // Chinese Potato Journal. 2021. Vol. 6. Pp. 500–506.

References

1. Gasparyan I.N., Gasparyan Sh.V. Potato: cultivation and storage technologies: study guide. St. Petersburg: Lan' Publishers; 2022. 256 p. (In Russ.).
2. Gureeva Yu.A., Batov A.S. Study of mid-ripening potato varieties for processing into crisps and French fries. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2023;11(229):55-61. DOI: 10.53083/1996-4277-2023-229-11-55-61. (In Russ.).
3. Ezaov A.K., Marzhokhova M.A., Nazranov H.M. et al. Organizational and economic aspects of potato seed production: trends and development prospects: monograph. Nalchik: Kabardino-Balkarian State Agricultural University Publishers; 2018. 228 p. (In Russ.).
4. Ivenin V.V., Ivenin A.V. Agrotechnical features of potato cultivation: study guide. St. Petersburg: Lan' Publishers; 2022. 336 p. (In Russ.).
5. Lukinykh M.I., Chugunova O.V., Zavorokhina N.V. Potato market and evaluation of the quality of various potato varieties during their culinary processing. *Technologies of the Food and Processing Industry of the Agro-Industrial complex – Healthy Food Products*. 2023;4:176-183. DOI: 10.24412/2311-6447-2023-4-176-183. (In Russ.).

6. Mazur A.M., Tarazevich E.V., Vasilevskaya V.V. et al. Research of new potato varieties from Belarus breeding for the production of crispy potatoes. *Food Industry: Science and Technology*. 2022;15(1):15-20. DOI: 10.47612/2073-4794-2022-15-1(55)-15-20. (In Russ.).
7. Saveliev V.A. Potato: monograph. St. Petersburg: Lan' Publishers; 2022. 240 p. (In Russ.).
8. International Potato Day is celebrated on May 30. Potato System Magazine, an interregional information and analytical magazine for agribusiness professionals. URL: <https://potatosystem.ru/30-maya-otmechaetsya-mezhdunarodnyj-den-kartofelya/>. (In Russ.).
9. Tulush V.P., Balgan L.D. Potato seed production: study guide. Kyzyl: Tuvan State University Publishers; 2018. 114 p. (In Russ.).
10. Tsybikova O.M. Potato seed production: study guide. Ulan-Ude: Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov Publishers; 2019. 88 p. (In Russ.).
11. Huang W., Qi E., Jia X. et al. Effects of Different Cultivation Methods on Yield and Economic Benefit of Potato in Plateau of Eastern Gansu Province. *Vegetables*. 2021;11:21-24.
12. Li J., Li G., Wen G. et al. Evaluating Varieties and Testing Sites in Potato Regional Trial in Gansu Province by GGE Biplot Based on Genstat. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*. 2018;8:1146-1151.
13. Ma Sh., Qi E., Wen G. et al. Comprehensive Evaluation of Drought Resistance of Different Potato Varieties Based on Leaf Microstructure. *Chinese Potato Journal*. 2021;6:500-506.

Информация об авторах

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

Э. Ци – магистр генетики и селекции сельскохозяйственных культур, директор лаборатории ресурсов зародышевой плазмы и биотехнологии, Научно-исследовательский институт картофеля Академии сельскохозяйственных наук провинции Ганьсу, qefang@126.com.

Е.А. Тороп – доктор биологических наук, профессор кафедры селекции, семеноводства и биотехнологий ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», helenatorop@yandex.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.

М.А. Денеженко – магистрант кафедры растениеводства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», mihaildenezhenko@yandex.ru.

Х. Лв – доктор наук по защите растений, Академия сельскохозяйственных наук провинции Ганьсу, zhweili305@163.com.

В. Хуанг – научный сотрудник лаборатории ресурсов зародышевой плазмы и биотехнологии, Научно-исследовательский институт картофеля Академии сельскохозяйственных наук провинции Ганьсу, gskxy@gsas.ac.cn.

Information about the authors

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

E. Qi, Master of Crop Genetics and Breeding, Director, Germplasm Resources and Biotechnology Laboratory, Potato Research Institute of Gansu Academy of Agricultural Sciences, qefang@126.com.

E.A. Torop, Doctor of Biological Sciences, Professor, the Dept. of Selection, Seed Production and Biotechnology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, helenatorop@yandex.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.

M.A. Denezhenko, Master's Degree Student, the Dept. of Crop Science, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, mihaildenezhenko@yandex.ru.

H. Lv, Doctor of Science in Plant Protection, Gansu Academy of Agricultural Sciences, zhweili305@163.com.

W. Huang, Research Assistant, Germplasm Resources and Biotechnology Laboratory, Potato Research Institute of Gansu Academy of Agricultural Sciences, gskxy@gsas.ac.cn.

Статья поступила в редакцию 15.12.2024; одобрена после рецензирования 24.01.2025; принята к публикации 05.02.2025.

The article was submitted 15.12.2024; approved after reviewing 24.01.2025; accepted for publication 05.02.2025.

© Образцов В.Н., Ци Э., Тороп Е.А., Голубцов Д.Н., Денеженко М.А., Лв Х., Хуанг В., 2025

4.1.1. ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 635.21:631.35.04

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2025_1_19

EDN: LOALWD

**Особенности формирования продуктивности
картофеля в зависимости от приемов посадки****Елена Михайловна Стоянова^{1✉}, Владимир Николаевич Образцов²,
Татьяна Ивановна Мокрянская³**¹ Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко, Тирасполь,
Приднестровская Молдавская Республика² Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
Воронеж, Россия³ Приднестровский научно-исследовательский институт сельского хозяйства,
Тирасполь, Приднестровская Молдавская Республика¹ atf-pgu2021@mail.ru✉

Аннотация. Представлены результаты исследований, выполненных в 2022–2024 гг. с целью выявления особенностей формирования продуктивности картофеля в зависимости от сроков и глубины посадки в условиях Юго-Восточного Приднестровья. Регион характеризуется резко континентальным климатом с жарким и засушливым летом, что делает актуальным изучение оптимальных агротехнических приемов для повышения урожайности культуры. Опыт заложен на территории Агробиостанции Приднестровского государственного университета, почва участка представлена черноземом обыкновенным карбонатным. Агротехника в опытах выполнялась согласно типовым технологическим картам. Предшественник картофеля – горчица сарептская на сидерат. Изучали влияние сроков посадки (24 марта и 24 апреля) и глубины заделки клубней (10–15 и 15–20 см) на биометрические показатели растений картофеля сорта Рудольф, его продуктивность и структуру урожая. Учитывали такие параметры, как высота растений, количество стеблей и листьев, масса и количество клубней, а также товарность урожая. Результаты исследований показали, что ранние сроки посадки картофеля способствуют более быстрому созреванию клубней, но при этом снижается количество крупных клубней, увеличивается доля семенных и мелких. Наилучшие показатели роста и развития растений наблюдались при ранней посадке на меньшую глубину (10–15 см). Однако товарность урожая была выше при поздней посадке на ту же глубину, достигая 87,7%. Проведенные исследования подтвердили, что экстремальные погодные условия (высокая температура воздуха и дефицит осадков) оказывают значительное влияние на рост, развитие и продуктивность картофеля. Для повышения урожайности и товарности картофеля при поздних сроках посадки целесообразно заделывать клубни на глубину 10–15 см. Полученные данные могут быть использованы для оптимизации технологии возделывания картофеля в условиях засушливого климата Юго-Восточного Приднестровья.

Ключевые слова: картофель, сорт, дата посадки, глубина посадки, биометрия, продуктивность, фракционный состав, товарность

Для цитирования: Стоянова Е.М., Образцов В.Н., Мокрянская Т.И. Особенности формирования продуктивности картофеля в зависимости от приемов посадки // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2025. Т. 18, № 1(84). С. 19–25. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_19–25.

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

Original article

**Features of potato productivity generation
depending on planting practices****Elena M. Stoyanova^{1✉}, Vladimir N. Obratsov², Tatiana I. Mokryanskaya³**¹ Pridnestrovian State University, Pridnestrovian Moldavian Republic² Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia³ Pridnestrovian Scientific Research Institute of Agriculture, Pridnestrovian Moldavian Republic¹ atf-pgu2021@mail.ru✉

Abstract. The results of studies carried out in 2022–2024 are presented in order to identify the features of potato productivity generation depending on planting time and depth of planting in the conditions of Southeastern Transdnestrian territory. The region is characterized by an extremely sharply continental climate with hot and arid summers, which makes it relevant to study optimal agricultural techniques to increase crop yields. The experiment

was laid on the territory of the Agricultural Biological Station of Pridnestrovian State University, the soil of the site is represented by ordinary carbonate chernozem. Agricultural technology in the experiments was carried out according to standard operation flow chart. The preceding crop was brown mustard as green manure. The authors studied the influence of planting dates (March 24 and April 24) and the depth of placement (10-15 and 15-20 cm) on the biometric parameters of Rudolf variety potato plants, its productivity and yield structure. Parameters such as plant height, number of stems and leaves, weight and number of tubers, and yield marketable value were taken into account. The research results have shown that early planting of potato contributes to faster ripening of tubers, but at the same time the number of large tubers decreases, the proportion of seed-potato and small ones increases. The best indicators of plant growth and development were observed with early planting at a lower depth (10-15 cm). However, yield marketable value was higher at late planting at the same depth, reaching 87.7%. The conducted studies have confirmed that extreme weather conditions (high air temperature and lack of precipitation) have a significant impact on the growth, development and productivity of potato varieties. To increase the yield and its marketable value at late planting dates, it is advisable to cover potato tubers to a depth of 10-15 cm. The data obtained can be used to optimize potato cultivation technology in the arid climate of Southeastern Transdnistrian region.

Keywords: potato, variety, planting time, depth of planting, biometrics, productivity, fractional composition, marketable value

For citation: Stoyanova E.M., Obratsov V.N., Mokryanskaya T.I. Features of potato productivity generation depending on planting practices. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2025;18(1):19-25. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_19-25.

Введение
Для Юго-Восточного региона Приднестровья картофель остается важнейшей продовольственной культурой, поэтому элементам технологии возделывания уделяется большое внимание. Регион находится в зоне рискованного земледелия, с высокими температурами и недостатком осадков. Срок посадки и глубина заделки клубней влияют как на появление всходов, биометрические показатели растений, так на количество и массу клубней с единицы площади [1]. Глубина заделки семенного картофеля напрямую зависит от климатических условий региона. По данным многолетних наблюдений А.А. Васильева и А.К. Горбунова, посадка на ровных участках рекомендована в засушливых регионах, где количество тепла за вегетацию превышает биологическую потребность культуры, а осадки находятся в явном дефиците [2, 3, 4].

Доказано, что оптимальный срок посадки влияет на все фазы роста и развития картофеля, биометрические показатели, сроки уборки картофеля, продуктивность и качество клубней. Оптимальные сроки посадки способствуют увеличению урожайности без дополнительных материальных затрат [10, 11].

Ранние сроки посадки позволяют получать больше крупные и семенные клубни, приступать к уборке раньше, убирать картофель в оптимальные сроки, уменьшая потери при уборке и хранении. В исследованиях С.А. Банадысева, С.К. Мингалева и Е.С. Тютенова отмечено, что поздние сроки посадки отрицательно влияют на начало образования клубней и соответственно на продуктивность картофеля [1, 8, 9].

Вышеперечисленные факторы выбора оптимальных сроков посадки и глубины заделки клубней при выращивании картофеля обусловили актуальность исследований. Целью исследований является определение особенностей формирования продуктивности картофеля в зависимости приемов посадки в условиях Юго-Восточного Приднестровья, позволяющих получить высокие урожаи картофеля сорта Рудольф.

Задачи исследований:

- проанализировать метеорологические условия лет исследований и выявить зависимость наступления фаз вегетации картофеля в зависимости от срока и глубины посадки;
- изучить биометрические показатели растений картофеля в зависимости от срока и глубины посадки;
- определить продуктивность картофеля в зависимости от срока и глубины посадки, а также фракционный состав клубней и товарность урожая.

Методика эксперимента

Опыт заложен в 2022 г. на территории Агробиостанции ПГУ им. Т.Г. Шевченко. Семенной материал картофеля сорта Рудольф получен в одном из хозяйств Слободзейского района, с потенциальной урожайностью до 600 ц/га под конец вегетации.

При закладке полевого опыта использовали методику, описанную Б.А. Доспеховым [5].

Изучали 2 варианта глубины посадки – 10–15 и 15–20 см и 2 варианта сроков посадки – 24 марта и 24 апреля в трехкратной повторности, методом рендомизированных блоков. Площадь учетной делянки – 20 м².

Для учета урожайности отбирали по 5 кустов каждого варианта в трех повторностях. Биометрические измерения проводили в период массового цветения – 20–24 июня и перед уборкой – 30–31 июля.

Предшественник картофеля – горчица сарептская на сидерат. Почва участка представлена черноземом обыкновенным карбонатным. Агротехника в опытах – согласно типовым технологическим картам.

С осени участок был зафрезерован, внесено комплексное удобрение (нитроаммофоска) из расчета 30 г/м². Весной перед посадкой разбросали мочевины из расчета 30 г/м². Клубни массой 70–100 г прояровизированы в течение 7 дней. В марте клубни имели длину ростков до 2 см, в апреле – более 5 см.

Посадку проводили вручную в лунки на глубину 10–15 см и 15–20 см по схеме 70 × 25 см из расчета 5,7 клубней/м² (57 тыс./га), на ровной поверхности с последующим образованием гребней с помощью послевсходовых окучиваний вручную. В период вегетации картофеля были проведены три ручные прополки с окучиванием, два полива переносным пистолетом (перед бутонизацией и в период массового цветения) из расчета 400 м³/га. Дважды провели опрыскивание против колорадского жука препаратом Твикс из расчета 5 мл на 5 л воды.

Результаты и их обсуждение

Погодные условия последних лет в условиях Юго-Восточной зоны Приднестровья стали резко континентальными с очень жарким, засушливым летом [5, 6]. Средне-многолетняя температура воздуха с марта по август (период вегетации картофеля) составляла 15,3 °С, в 2022 г. – 16,9, в 2023 – 17,1, в 2024 г. – 18,3 °С и превышала средне-многолетние показатели в 2023 и 2024 гг. соответственно на 1,6 и 3,0 °С (табл. 1).

Таблица 1. Температура воздуха в период проведения исследований, °С (Тираспольская агрометеостанция)

Месяцы года						Вегетационный период
Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	
Среднемноголетние данные (1881–1980 гг.)						
2,7	10,1	16,2	19,9	21,9	21,0	15,3
2022 г.						
2,6	10,8	16,3	22,0	25,7	24,4	16,9
2023 г.						
6,3	10,0	15,8	21,1	24,1	25,3	17,1
2024 г.						
6,3	14,3	15,8	22,9	25,6	24,8	18,3

Особенно жаркими были июль-август во все годы исследования. Дневные температуры превышали 36 °С в тени, ночные не опускались ниже 25 °С, что отрицательно сказывалось на тургоре растений, ускоряло наступление и прохождение фаз бутонизации – цветения и формирования клубней, снижая продуктивность картофеля.

Повышение температуры воздуха происходит на фоне снижения среднегодового количества осадков. Так, например, за 100 лет, с 1881 по 1980 гг., с марта по август выпадало в среднем 283 мм осадков за вегетационный период, в 2022 г. – всего 146 мм, в 2023 г. – 283 мм, в 2024 г. – 314,7 мм (табл. 2).

Таблица 2. Поступление осадков по годам, мм (Тираспольская агрометеостанция)

Месяцы года						Вегетационный период
Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	
Среднеголетние данные (1881–1980 гг.)						
23,0	33,0	50,0	70,0	58,0	49,0	283,0
2022 г.						
9,7	37,2	22,5	16,0	19,5	41,4	146,0
2023 г.						
20,0	85,0	30,0	67,0	49,0	32,0	283,0
2024 г.						
86,0	49,5	39,9	80,0	14,2	50,0	314,7

В 2022 г. с марта по август выпало осадков меньше на 137 мм по сравнению со среднегодовыми, в 2023 г. – одинаковое количество. Хотя в 2024 г. осадков выпало на 31 мм больше, но они носили ливневый характер и не повлияли на продуктивность картофеля.

На сроки прохождения фаз вегетации растений картофеля сорта Рудольф оказывали влияние как изучаемые приемы возделывания, так и метеорологические условия вегетационного периода [7]. Всходы картофеля в зависимости от года и срока посадки появились 20–24 апреля и 10–14 мая. На их появление оказали влияние погодные условия весны. В 2022 г. среднесуточные температуры марта были ниже по сравнению с 2023–2024 гг. на 3,7 °С. Апрельские температуры 2022–2023 гг. были примерно одинаковыми (10,0–10,8 °С), но низкими для прорастания картофеля, что отрицательно сказалось на появлении всходов от раннего срока посадки.

Месяц май в годы исследований был значительно теплее, с достаточным количеством влаги в почве, поэтому от позднего срока посадки всходы появились на 14-й день независимо от глубины заделки.

Отмечено практически одновременное наступление межфазного периода бутонизации – цветения на всех вариантах – 10–12 и 13–15 июня. Массовое цветение наступило 18–22 июня. При позднем сроке посадки нахождение фаз бутонизации – цветения влияли высокие температуры воздуха. Июль был засушливым, два полива из расчета 400 м³/га не оказали положительного влияния на высоту растений, количество стеблей и листьев.

Однако при раннем сроке посадки растения сформировали большую высоту, но меньше стеблей и облиственность [8]. На количественные показатели картофеля в период массового цветения и перед уборкой оказали влияние как срок посадки, так и глубина заделки клубней (табл. 3).

Таблица 3. Биометрические показатели растений картофеля в период массового цветения и перед уборкой (среднее за 2022–2024 гг.)

Сроки посадки	Высота растений, см		Количество стеблей, шт.		Количество листьев, шт.	
	Глубина 10–15 см	Глубина 15–20 см	Глубина 10–15 см	Глубина 15–20 см	Глубина 10–15 см	Глубина 15–20 см
Массовое цветение						
24 марта	50,0	43,4	3,8	3,8	12,4	13,2
24 апреля	41,6	37,0	3,8	4,1	13,8	14,6
Перед уборкой						
24 марта	87,6	90,5	6,8	7,6	54,0	57,8
24 апреля	83,6	86,4	5,6	6,8	53,6	57,2

При раннем сроке посадки растения были более мощными, высокими, практически все цветущими. Учет раннего урожая на обоих вариантах провели 7 июля 2024 г.

Высота растений в период цветения была больше на 6,6 см при меньшей глубине при раннем сроке посадки и на 4,5 см – при позднем сроке. Перед уборкой высота растений при глубине посадки 15–20 см была больше на 2,9 см при раннем сроке и на 2,8 см – при позднем сроке посадки.

Сроки посадки оказали значительное влияние на количество и массу клубней (табл. 4). Перед уборкой все биометрические показатели картофеля от ранних сроков посадки были выше.

Таблица 4. Биологическая продуктивность картофеля в зависимости от срока и глубины посадки (среднее за 2022–2024 гг.)

Глубина посадки, см	Количество клубней											
	всего				крупных, более 80 г		семенных, 40–60 г		мелких, 15–25 г		завязь, до 10 г	
	шт.	+	г	+	шт.	г	шт.	г	шт.	г	шт.	г
Посадка 24 марта												
10–15	10,8	3,0	214,0	26,6	0,4	43,0	3,6	124,0	4,6	56,0	2,8	30,0
15–20	7,8	–	187,4	–	0,2	18,0	3,4	176,7	2,8	50,8	1,2	8,6
Посадка 24 апреля												
10–15	7,4	–	66,0	–	0,8	60,0	1,2	22,2	2,6	24,0	3,8	13,0
15–20	8,2	0,8	82,4	16,4	0,0	0,0	1,0	36,6	4,2	30,8	3,0	15,0

Клубни, высаженные в ранние сроки, быстрее созревают, что дает возможность получать ранние урожаи, но при этом крупные клубни практически не успевают вырасти, в основном образуются семенные и мелкие – массой 20–50 г, а также завязь, которая при оптимальных условиях ко времени уборки вырастает до семенной фракции.

Уборку картофеля провели вручную 24 августа с учетом фракционного состава клубней, определения их массы, продуктивности растения и товарности урожая. При раннем сроке посадки количество (масса) клубней на куст больше на 3 (+ 45 г) – 2,2 шт. (+ 57 г) при глубине заделки соответственно 10–15 и 15–20 см. Товарность урожая картофеля выше при заделке на глубину 10–15 см при раннем и позднем сроке посадки. Достоверное превышение урожайности получено при позднем сроке посадки на глубину 10–15 см по сравнению с вариантом посадки на глубину 15–20 см (табл. 5).

Таблица 5. Продуктивность и структура урожая картофеля с 1 куста (среднее за 2022–2024 гг.)

Глубина посадки, см	Количество клубней										Товар- ность%
	всего		крупных, 100 г и более		семенных, 50–80 г		мелких, 20–40 г		нестандартных, 10–15 г		
	шт.	г	шт.	г	шт.	г	шт.	г	шт.	г	
Посадка 24 марта											
10–15	14,4	598,0	1,4	100,0	6,0	380,0	3,0	60,0	5,0	35,0	86,2
15–20	11,6	535,0	1,0	94,0	5,6	361,0	2,6	50,0	3,0	28,0	74,1
НСР ₀₉₅		67,0									
Посадка 24 апреля											
10–15	11,4	553,0	1,0	105,0	5,8	354,0	3,2	71,0	1,4	23,0	87,7
15–20	9,4	478,0	0,6	59,0	4,0	328,0	2,4	64,0	2,4	27,0	74,5
НСР ₀₉₅		62,0									

При более ранней посадке количество и масса завязавшихся клубней была выше в 1,1–1,3 раза по сравнению с более поздним сроком [9]. Данные учета урожая и его структуры показывают, что при более раннем сроке посадки продуктивность картофеля выше, общее количество, количество крупных клубней больше, чем при посадке на месяц позже. Полученные нами данные согласуются с исследованиями A.R. Saunders [11].

Количество семенных клубней было примерно одинаковым – 5,8 и 6,0 шт., общая масса клубней и семенной фракции – выше при более ранней посадке – соответственно на 45 и 26 г. Товарность была несколько ниже при более раннем сроке посадки за счет большего количества нестандартных клубней.

Заключение

Для Юго-Восточного Приднестровья, особенно в последние годы, картофель остается важнейшей продовольственной культурой, поэтому элементам технологии возделывания уделяется большое внимание. Погодные условия последних лет в регионе исследования стали резко континентальными с очень жарким, засушливым летом. Среднемноголетняя температура воздуха с марта по август (период вегетации картофеля) составляла 15,3 °С, в 2022 г. – 16,9, в 2023 – 17,1, в 2024 г. – 18,3 °С и превышала среднемноголетние показатели в 2023 и 2024 гг. соответственно на 1,6 и 3,0 °С.

На всхожесть и сроки прохождения фаз развития картофеля сорта Рудольф оказывали влияние как изучаемые приемы возделывания, так и метеорологические условия вегетационного периода. В 2022 г. среднесуточные температуры марта были ниже по сравнению с 2023–2024 гг. на 3,7 °С. Апрельские температуры 2022–2023 гг. были примерно одинаковыми (10,0–10,8 °С), но низкими для прорастания картофеля, что отрицательно сказалось на появлении всходов от раннего срока посадки.

Лучшие показатели роста и развития растений картофеля отмечены при ранних сроках посадки на меньшую глубину. На эти показатели оказали влияние и погодные условия. Начальный рост был замедленным при раннем сроке, однако в фазе бутонизации – цветения растения сформировали мощную надземную массу, с большим количеством стеблей и облиственностью. Высота растений в период цветения была больше на 6,6 см при меньшей глубине при раннем сроке посадки и на 4,5 см – при позднем сроке. Перед уборкой высота растений при глубине посадки 15–20 см была больше на 2,9 см при раннем сроке и на 2,8 см – при позднем сроке посадки.

Сроки посадки оказали значительное влияние на количество и массу клубней. Клубни, высаженные в ранние сроки, быстрее созревают, что дает возможность получать ранние урожаи, но при этом крупные клубни практически не успевают вырасти, в основном образуются семенные и мелкие – массой 20–50 г, а также завязь, которая при оптимальных условиях ко времени уборки вырастает до семенной фракции. При уборке раннего урожая мартовской посадки на глубину 10–15 см в среднем на куст сформировалось более 14 клубней массой 598 г.

Продуктивность картофеля достоверно выше при поздней посадке на меньшую глубину – товарность составила 87,7%.

Таким образом, на основании полученных данных можно рекомендовать поздние сроки посадки и заделку клубней на глубину 10–15 см.

Список источников

1. Банадысев С.А. Возможности снижения ущерба от засухи в картофелеводстве // Наше сельское хозяйство. 2022. № 19(291). С. 24–30.
2. Васильев А.А., Горбунов А.К. Формирование урожая картофеля в зависимости от срока и глубины посадки: монография. Челябинск: Изд-во Челябинского государственного университета, 2022. 99 с.
3. Васильев А.А. Зависимость урожая и качества клубней картофеля в лесостепной зоне Южного Урала от уровня минерального питания и густоты посадки // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2014. Т. 5. С. 25–28.
4. Горбунов А.К., Васильев А.А. Влияние сроков и глубины посадки на продуктивность и качество картофеля // Аграрный вестник Урала. 2019. № 1(180). С. 4–9. DOI: 10.32417/article_5ca4d969bd4206.66499492.
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. Ильев П.Б., Ильева И.К. Влияние насыщенности севооборота картофелем на урожай и качество клубней в условиях республики Молдова // Развитие новых технологий селекции и создание отечественного конкурентоспособного семенного фонда картофеля: материалы международной научно-практической конференции (Москва, 05–07 июля 2016 г.). Москва: ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства имени А.Г. Лорха», 2016. С. 328–338.

7. Казак А.А., Якубышина Л.И., Кендус К.А. и др. Урожайность и качество клубней сортов картофеля в зависимости от сроков посадки в лесостепной зоне Тюменской области // Перспективы развития АПК в работах молодых ученых: сборник материалов региональной научно-практической конференции молодых ученых (Тюмень, 05 февраля 2014 г.). Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2014. Ч. 1. С. 84–89.
8. Мингалев С.К. Реакция различных сортов картофеля на сроки посадки в Свердловской области // Аграрный вестник Урала. 2016. № 2(144). С. 47–51.
9. Мингалев С.К., Тютенов Е.С. Урожайность и качество клубней картофеля в зависимости от элементов технологии возделывания в условиях Среднего Урала // Аграрный вестник Урала. 2017. № 6(160). С. 24–28.
10. Пашуков С.А., Чхетиани А.А. Современные технологии возделывания картофеля и их теоретический анализ // NovalInfo. 2015. № 32. С. 15–18.
11. Saunders A.R. Maximising seed ware potato yields. 2. Plant population // Agriculture in Northern Ireland. 1979. Vol. 53(12). Pp. 341–344.

References

1. Banadysev S.A. Possibilities of reducing drought damage in potato growing. *Our Agriculture*. 2022;19(291):24-30. (In Russ.).
2. Vasiliev A.A., Gorbunov A.K. Potato yield formation depending on the planting time and depth: monograph. Chelyabinsk: Chelyabinsk State University Publishers; 2022. 99 p. (In Russ.).
3. Vasiliev A.A. Dependency on the yield and quality of potato tubers in the forest-steppe zone of Southern Urals from the level of mineral nutrition and density of planting. *Russian Agricultural Sciences*. 2014;5:25-28. (In Russ.).
4. Gorbunov A.K., Vasiliev A.A. Influence of timing and planting depth on the productivity and quality of potatoes. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2019;1(180):4-9. DOI: 10.32417/article_5ca4d969bd4206.66499492. (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; 1985. 351 p. (In Russ.).
6. Iliev P.B., Ilieva I.K. Influence of potato crop rotation saturation on the yield and quality of tubers in the Republic of Moldova. In: Development of new breeding technologies and creation of a domestic competitive potato seed fund: Proceedings of the International Research-to-Practice Conference (Moscow, July 5-7, 2016). Moscow: All-Russian Potato Research Institute Publishers; 2016:328-338. (In Russ.).
7. Kazak A.A., Yakubysheva L.I., Kendus K.A. et al. Productivity and quality of potato tubers depending on planting dates in the forest-steppe zone of Tyumen Oblast. In: Prospects for the development of Agro-Industrial Complex in the Works of Young Scientists: Proceedings of Regional Research-to-Practice Conference of Young Scientists (Tyumen, February 5, 2014). Tyumen: Northern Trans-Ural State Agricultural University Publishers. 2014;1:84-89. (In Russ.).
8. Mingalev S.K. Reaction of different potato varieties on terms of planting in Sverdlovsk region. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2016;2(144):47-51. (In Russ.).
9. Mingalev S.K., Tyutenov E.S. Yield and quality of potato tubers depending on elements of cultivation technology in the conditions of the Middle Urals. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2017;6(160):24-28. (In Russ.).
10. Pashukov S.A., Chkhietiani A.A. Modern technologies of potato cultivation and their theoretical analysis. *NovalInfo*. 2015;32:15-18. (In Russ.).
11. Saunders A.R. Maximising seed ware potato yields. 2. Plant population. *Agriculture in Northern Ireland*. 1979;53(12):341-344.

Информация об авторах

Е.М. Стоянова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко», atf-pgu2021@mail.ru.

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

Т.И. Мокрянская – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории тыквенных культур ГУП «Приднестровский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», tanya1977mokp@gmail.com.

Information about the authors

E.M. Stoyanova, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Technology of Production and Processing of Agricultural Product, Pridnestrovian State University, atf-pgu2021@mail.ru.

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

T.I. Mokryanskaya, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Research Scientist, Laboratory of Pumpkin Crops, Pridnestrovian Scientific Research Institute of Agriculture, tanya1977mokp@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 15.11.2024; одобрена после рецензирования 26.12.2024; принята к публикации 14.01.2025.

The article was submitted 15.11.2024; approved after reviewing 26.12.2024; accepted for publication 14.01.2025.

© Стоянова Е.М., Образцов В.Н., Мокрянская Т.И., 2025

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

Научная статья

УДК 631.95

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2025_1_26

EDN: LOIRNU

Эффективность технологий биоремедиации почвы в агроценозах подсолнечника

Ольга Владимировна Бондарчук^{1✉}, Алексей Сергеевич Хворостяной²,
Тамара Вячеславовна Бондарчук³

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

² Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара
имени А.Л. Мазлумова, Воронеж, Россия

¹ bondarchuk2910@mail.ru✉

Аннотация. Агроценозы подсолнечника являются наиболее требовательными к отсутствию сорной растительности, поэтому обработка почвы эффективными гербицидами является обязательным этапом при его выращивании. Гербициды оказывают прямое ингибирующее действие на сеgetальную растительность и косвенное – на почвенно-биотический комплекс (ПБК), их остаточные количества сохраняются в почве до двух лет при различных почвенно-климатических условиях и угнетают посевы следующих культур севооборота. Внесение биодеструкторов повышает биологическую активность почвы, контролирует развитие фитопатогенной микрофлоры, обеспечивает растения ростстимулирующими метаболитами, ускоряет вовлечение первичных органических веществ в процесс гумусообразования. На территории СХП «Воронцовское» ЗАО «Агрофирма Павловская нива» Воронежской области в 2022–2024 гг. проводились исследования с целью определения эффективности применения биодеструкторов Необактерин и Трибактерин. Высевали гибриды подсолнечника компании «Лимаген», которые выращивали, применяя следующие технологии: ЛГ 5478 – классическая, ЛГ 50635 – «Чистое поле» (Clearfield), ЛГ 50479 – «Экспресс», предшественник – озимая пшеница (контроль – участки без обработки биодеструкторами). Почва опытных участков представлена черноземом выщелоченным среднесуглинистым. На вариантах опыта с применением биодеструкторов остаточное содержание имазамокса снижалось на 5,66–8,41% в сравнении с контролем, что свидетельствует о положительном воздействии биопрепарата на супрессивность почвы. При использовании технологии Clearfield заметно угнетался агроценоз ячменя – последующей культуры севооборота: урожайность снижалась на 3–5%, причем на варианте без применения биодеструктора – на 10%. В рамках классической технологии и технологии «Экспресс» действие биодеструкторов по вариантам недостоверно – показатели урожайности не превышали НСР, что объясняется тем, что в соответствии с этими технологиями применяются более мягкие гербициды, с меньшей персистентностью.

Ключевые слова: технология Clearfield (чистое поле), агроценозы подсолнечника, персистентность, биодеструкторы, биоремедиация

Для цитирования: Бондарчук О.В., Хворостяной А.С., Бондарчук Т.В. Эффективность технологий биоремедиации почвы в агроценозах подсолнечника // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2025. Т. 18, № 1(84). С. 26–34. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_26–34.

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

Original article

Efficiency of soil bioremediation technologies in sunflower agrocenosis

Olga V. Bondarchuk^{1✉}, Aleksey S. Khvorostyanoy², Tamara V. Bondarchuk³

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

² Scientific Research Institute of Sugar Beet and Sugar named after A.L. Mazlumov,
Voronezh, Russia

¹ bondarchuk2910@mail.ru✉

Abstract. Sunflower agrocenosis are the most demanding for the absence of weeds, therefore, soil treatment with effective herbicides is a mandatory step in its cultivation. Herbicides have a direct inhibitory effect on segetal vegetation and an indirect effect on the soil-biotic complex (SBC), residue amounts remain in the soil for up to two

years under various soil and climatic conditions and depress plantings of the following culture in crop rotation. Biological degraders application increases soil biological activity, controls the development of phytopathogenic bacteria, provides plants with growth-stimulating metabolites, and accelerates the involvement of primary organic substances in the process of humus formation. In 2022-2024, research was conducted on the territory of Vorontsovskoye Agricultural Enterprise (subdivision of Agrofirma Pavlovskaya Niva) in Voronezh Oblast in order to determine the effectiveness of Neobacterin and Tribacterin biological degraders application. Limagrain sunflower hybrids were sown, which were grown using the following technologies: LG 5478 – Classic, LG 50635 – Clearfield, LG 50479 – Express, the preceding crop was winter wheat (control plots – without treatment with biological degraders). The soil of the experimental plots is represented by leached medium loamy chernozem. In the variants with biological degraders application, residue level of Imazamox decreased by 5.66-8.41% compared with the control, which indicates the positive effect of biological degraders on soil suppression. When using Clearfield technology, the agroecosis of aftercrop barley, was noticeably suppressed: yields decreased by 3-5%, and in the variant without biological degraders by 10%. Within the framework of Classical technology and Express technology, the effect of biological degraders was out of statistical control as the yield indicators did not exceed the LSD, which is explained by the fact that, in accordance with these technologies, milder herbicides with lower persistence were used.

Keywords: Clearfield technology, sunflower agroecosis, persistence, biological degraders, bioremediation

For citation: Bondarchuk O.V., Khvorostyanoy A.S., Bondarchuk T.V. Effectiveness of soil bioremediation technologies in sunflower agroecosis. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2025;18(1):26-34. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_26-34.

Введение
Биоремедиация верхних слоев почвы в агроэкосистемах с применением интенсивных технологий сельскохозяйственного производства может обеспечить быстрые, экологически чистые и эффективные процессы оздоровления почвы при повышении ее биологической активности. Агроценозы подсолнечника являются наиболее требовательными к обеспечению чистоты почвенного покрова (отсутствию сорной растительности), поэтому обработка эффективными гербицидами является обязательным этапом. Гербициды оказывают прямое ингибирующее действие на сеgetальную растительность и косвенное – на почвенно-биотический комплекс (ПБК), вследствие чего исчезают чувствительные микробные популяции, обеспечивающие специфические экологические функции [6]. Гербициды влияют также на состав экссудатов растений, которые являются информационным каналом для взаимодействия с почвенным микробиомом, собственной порослью и другими растениями [2, 11].

Сохранение плодородия, гумуса и в целом здоровья почвы возможно только при условии комфортного функционирования почвенного микробиома и всего почвенно-биотического комплекса, а также регулярного поступления детрита. При внесении в почву биодеструкторов – естественных редуцентов – аборигенный микробиом усиливается, что приводит к интенсификации разложения органики. Синергетическая эффективность различных почвенных микроорганизмов и различных технологий должна рассматриваться как приоритетная тема исследования в рамках биологизации земледелия [3, 9].

Методика эксперимента

Экспериментальная работа выполнена в ЗАО «Агрофирма Павловская нива» (СХП «Воронцовское») в 2022–2024 гг. Сопровождение опыта осуществлялось специалистами АО «Август».

Землепользование предприятия находится в селе Воронцовка Павловского района Воронежской области. Почва опытных участков представлена черноземом выщелоченным среднесуглинистым со следующими характеристиками:

- гумус – 4,5–5,5%;
- pH – 5,1–5,7;
- сумма поглощенных оснований – 21,3–22,2 мг-экв/100 г почвы;
- содержание фосфора – 120–140 мг/кг;
- содержание калия – 140–175 мг/кг.

Метеорологические условия в период проведения исследования представлены на диаграмме (рис. 1).

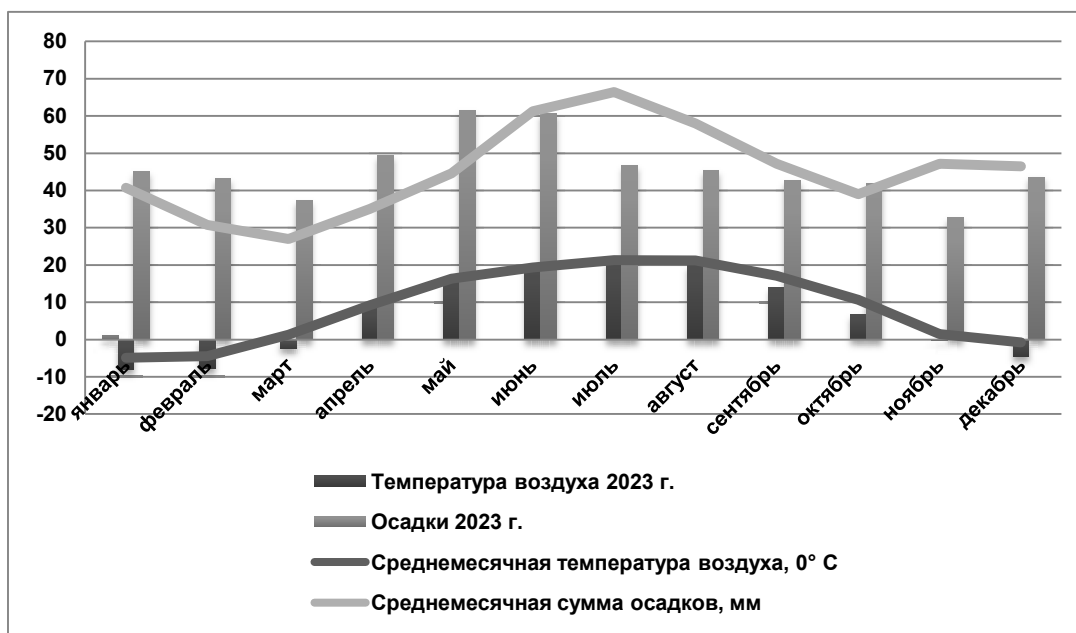


Рис. 1. Агроклиматическая характеристика территории ЗАО «Агрофирма Павловская нива», СХП «Воронцовское» по данным Павловской метеостанции

Гидротермический коэффициент варьировал в пределах от 0,9 до 1,1, что свидетельствует об умеренном увлажнении в месте проведения опыта.

В 2022 г. на участках хозяйства высевали гибриды подсолнечника компании «Лимагрэн», которые выращивали, применяя следующие технологии: ЛГ 5478 – классическая, ЛГ 50635 – «Чистое поле» (Clearfield), ЛГ 50479 – «Экспресс», предшественник – озимая пшеница.

В этих агроценозах проводились исследования эффективности применения биодеструкторов Необактерин и Трибактерин производства ООО Научно-производственного предприятия «Биотехцентр» (г. Уфа). В качестве контрольного варианта использовали участки без обработки биодеструкторами. Для сравнения эффективности препаратов применили биодеструктор Рестарт производства ООО «Бионоватик» (Казань, Татарстан), который появился на рынке в 2021 г. Это наиболее популярный на данный момент препарат в жидкой форме, содержащий *Rhodococcus erythropolis* с титром 1×10^9 КОЕ/мл [13, 14, 15].

Препараты вносили в почву двукратно: после уборки урожая и за две недели перед посевом следующей культуры, используя штанговые опрыскиватели или дождевальные машины. Схема обработки почвы биодеструкторами приведены в таблице 1.

Таблица 1. Схема обработки почвы биодеструкторами

№ варианта	Биодеструктор	Способ применения
1	Контроль	Без внесения препаратов
2	Необактерин	Двукратная обработка почвы: после уборки урожая, до посева
3	Необактерин	Однократная обработка почвы после уборки урожая
4	Необактерин, Трибактерин	Обработка почвы после уборки урожая – Необактерин, предпосевная обработка – Трибактерин
5	Рестарт	По рекомендации производителя

Нормы применения биодеструкторов рекомендованы производителями: Необактерин – 5 л/га в первый год, 2 л/га – в последующие; Рестарт – 2 л/га. Расположение делянок систематическое.

В 2023 г. на данных участках высевали ячмень, сорт Рапид.

Отбор проб почвы осуществляли через 365 и 545 дней после применения препаратов с участков всех вариантов опыта.

Анализировали следующие показатели:

- содержание остаточных количеств гербицидов;
- ферментативная активность почвы;
- целлюлозолитическая активность почвы;
- фитотоксичность [1].

Массовую долю остаточных количеств гербицидов в почвенных образцах определяли в сертифицированной лаборатории АО «Август» с помощью газожидкостной хроматографии. Метод газовой хроматографии используется для качественного и количественного определения пестицидов в почве, сельскохозяйственной продукции, биобъектах, основан на извлечении пестицидов из почвы, их идентификации и количественном определении их массовой доли [4, 8].

Биодиагностика состояния почвенного покрова применяется при определении общей токсичности почвы. Принцип метода биотестирования основан на зависимости между дозой токсиканта и эффектом его действия на тест-объект. Другим показателем устойчивости почвенно-биотического комплекса (ПБК) является целлюлозолитическая способность почвенной биоты. Кроме того, оценивали активность каталазы в почвенных образцах, чтобы анализировать экологическое благополучие среды обитания почвенного микробиома [1].

Результаты и их обсуждение

Для максимизации урожая в агроценозах подсолнечника, наиболее требовательной к отсутствию сорной растительности культуры, обработка эффективными гербицидами является обязательным этапом его выращивания [11]. Технология «Чистое поле» (Clearfield) (рис. 2) подразумевает посев гибридов подсолнечника, устойчивых к гербициду широкого спектра действия Евро-Лайтнинг. Следует отметить, что действующие вещества класса имидазолинонов – имзамокс (33 г/л) и имзапир (15 г/л.) – обладают более высокой токсичностью и персистентностью по сравнению с другими неселективными препаратами, сохраняют устойчивость и эффективность против сорной растительности в течение 5 месяцев.



Рис. 2. Выращивание подсолнечника по технологии Clearfield

Время сохранения пестицидов в почве зависит от погодных условий (температурного режима и количества осадков), технологии возделывания культур, а также от биологических и агрохимических почвенных показателей (ферментативная активность, кислотность почвы, гранулометрический состав и др. [11]). Однако стойкие органические загрязнители (СОЗ) с каждым новым внесением увеличивают свою концентрацию в почве, несмотря на воздействие естественных, биологических и химических, деструктивных факторов [10]. В среднем от 40 до 60% пестицидов, используемых в сельскохозяйственных целях, являются гербицидами. Последствие остаточных количеств гербицидов проявляется в угнетении всходов культуры, замедлении роста и развития [2, 12].

Биокомплекс Необактерин – микробиологический препарат, включает микроорганизмы и экстракт гуминовых веществ из органических остатков, позволяет эффективно проводить очистку сельскохозяйственных земель от стойких к разложению химических веществ – гербицидов.

На вариантах применения биодеструкторов остаточное содержание имазамокса через 365 дней после внесения в почву снижалось на 5,66–8,41% по сравнению с контролем (табл. 2), что свидетельствует о положительном воздействии биопрепарата на супрессивность почвы. Содержание имазамокса в почве через 547 дней после внесения (осень 2023 г.) оказалось за пределами чувствительности аналитических систем.

Таблица 2. Содержание имазамокса в почве через 365 и 547 дней после внесения на варианте применения технологии «Чистое поле» (Clearfield)

№ варианта	Содержание имазамокса через 365 дней, мг/кг	Отклонение от контроля, %	НСР	Содержание имазамокса через 547 дней, мг/кг
1	0,0330	0	0,001	Ниже чувствительности аналитического метода
2	0,0302	8,41		
3	0,0309	6,27		
4	0,0311	5,66		
5	0,0308	6,42		

Однако, как известно из литературных источников, чувствительные культуры могут реагировать даже при очень низком содержании действующего вещества гербицида в почве. Отмечается снижение урожайности на 15–25% в течение 1,5–2 вегетационных сезонов. На основании экспериментальных данных производители не рекомендуют высевать сахарную свеклу даже после применения биодеструкторов. О.В. Колотова с соавт. отмечает, что после применения гербицидов класса имидазолинонов токсичность почвы возрастает в 2–9 раз в отношении таких культур, как чечевица, горох, сахарная свекла, лен, картофель, что проявляется в снижении продуктивности агроценозов. Свекла, горчица, рапс реагируют на присутствие 0,01–0,8 мкг/кг препаратов в почве [5].

Для контроля состояния почв, выявления негативного техногенного воздействия целесообразно использовать методы биодиагностики, биоиндикации и биомониторинга почв.

В данной работе оценивали активность каталазы в почвенных образцах и токсичность методом биотестирования (табл. 3). Этот метод в дополнение к аналитическим методам дает более полное представление об экологическом состоянии почвы [7]. Образцы почвы отбирались на всех вариантах на глубине пахотного слоя 0–10 см в первой декаде сентября 2023 г.

Таблица 3. Биодиагностика почвы

№ варианта	Технология возделывания подсолнечника								
	Классическая			«Чистое поле» (Clearfield)			«Экспресс»		
	Активность каталазы, мл O ₂ /г почвы за мин	Целлюлозолитическая активность, %	Фитотоксичность, %	Активность каталазы, мл O ₂ /г почвы за мин	Целлюлозолитическая активность, %	Фитотоксичность, %	Активность каталазы, мл O ₂ /г почвы за мин	Целлюлозолитическая активность, %	Фитотоксичность, %
1	4,5	34	7	3,5	32	10	4,3	35	6
2	4,7	40	3	3,7	35	5	4,4	35	5
3	5,0	40	5	4,0	34	5	4,4	34	6
4	4,8	41	4	4,0	38	4	4,5	37	5
5	4,8	38	5	4,0	38	7	5,0	40	4

В целом биологические показатели различались по вариантам незначительно, что демонстрирует примерную однородность почвенного покрова в хозяйстве. На варианте применения технологии «Чистое поле» (Clearfield) активность каталазы была ниже на 10–25% по сравнению с вариантами применения классической технологии и «Экспресс», что обусловлено применением гербицида Евро-Лайтнинг с более токсичными действующими веществами имазамокс и имазапир. Отклонения активности каталазы по сравнению с контролем (вариант без биопрепарата) составляли от 2 до 16% только на варианте технологии Clearfield. На вариантах применения других технологий изменения не показательны.

Целлюлозолитические процессы в среднем протекали равномерно по всем вариантам, ни на одном из участков не были отмечены ни резкие ускорения, ни ингибирование микробиологических процессов.

Фитотоксичность всех образцов почв, определенная методом биотестирования, практически равнялась нулю, так как длина корня проростков редиса отличалась от контрольного варианта на 5–8%, что не имеет значения для данного метода, так как не превышало допустимую погрешность. Незначительные отклонения в длине корня при прорастании редиса были обусловлены, по-видимому, малым периодом контакта загрязненной почвы с биотестом (семенами редиса). Более показательным проявлением фитотоксичности является ингибирование урожайности ячменя – последующей культуры в севообороте после подсолнечника.

Основным критерием эффективности и безопасности применения средств защиты растений и других препаратов является развитие продуцентов агроценоза, продуктивность фитоценоза и качество получаемой продукции.

Технология возделывания подсолнечника оказывала существенное влияние на последующие звенья в севообороте. При технологии «Чистое поле» (Clearfield) заметно угнетался агроценоз ячменя, урожайность которого снижалась на 3–5% (без применения биодеструктора – на 10%). Однако в рамках одной технологии (как классической, так и «Экспресс») различия между значениями показателей действия биодеструктора недостоверны (статистически не значимы), так как разница между показателями не превышала наименьшую существенную разность (НСР) (табл. 4). Это объясняется тем, что используемые в этих технологиях гербициды более мягкие, с меньшей персистентностью. Кроме того, погодные условия не позволили получить достоверные и наглядные результаты опыта. Обильные осадки осени 2022 г. и весны 2023 г. снизили эффективность биодеструктора.

Таблица 4. Урожайность ячменя, ц/га

№ варианта	Технология возделывания подсолнечника									
	Классическая			«Чистое поле» (Clearfield)			«Экспресс»			
	Урожайность	Средняя	Прибавка, %	Урожайность	Средняя	Прибавка, %	НСР	Урожайность	Средняя	Прибавка, %
1	33,5	33,4	0,0	30,1	30,0	0,0	0,44	33,0	32,9	0,0
	33,4			29,9				32,9		
2	33,3	33,4	−0,1	32,1	32,2	7,3		33,2	33,2	0,9
	33,5			32,3				33,3		
3	33,4	33,3	−0,3	31,6	31,50	5,0		33,2	33,1	0,6
	33,3			31,4				33,1		
4	33,2	33,4	−0,1	31,7	31,8	6,0		33,3	33,3	1,2
	33,6			31,9				33,4		
5	33,5	33,3	−0,4	31,8	31,6	5,5		33,1	33,0	0,3
	33,1			31,5				33,0		

Изменения урожайности ячменя в результате применения биодеструкторов можно наблюдать только на варианте технологии «Чистое поле» (Clearfield), так как действующие вещества применяемого гербицида сильнее всего угнетают последующие зерновые культуры в севообороте.

Прибавка в урожайности 7,3% покрывает затраты на применение биодеструктора, но не дает желаемых результатов и прибыли. Это обусловлено тем, что год закладки опыта не был показательным, так как обильное количество осадков привело к сглаживанию результатов. Для более детальной характеристики биодеструктора требуется статистически значимые результаты в разных почвенно-климатических условиях.

Выводы

В связи с высокой персистентностью гербицидов в агроценозах подсолнечника, выращиваемого по технологии «Чистое поле» (Clearfield), целесообразно использовать биодеструкторы (Необактерин, Трибактерин, Рестарт) для уменьшения ингибирующего действия остатков гербицидов на культуры в последующих звеньях севооборота.

Внесение препарата в почву перед посевом культур повышает биологическую активность почвы, контролирует развитие фитопатогенной микрофлоры, обеспечивает растения ростстимулирующими метаболитами, ускоряет гумусообразование в процессе вегетации.

Через год после внесения биодеструкторов остаточное содержание имазамокса на вариантах опыта снижалось на 5,66–8,41% в сравнении с контролем. Данные показатели свидетельствуют о положительном действии биопрепарата на супрессивность почвы. Содержание имазамокса в почве через 547 дней после внесения гербицида оказалось за пределами чувствительности газохроматографического метода.

На варианте применения технологии «Чистое поле» (Clearfield) активность каталазы была ниже на 10–25% по сравнению с вариантами применения классической технологии и технологии «Экспресс», что обусловлено применением гербицида Евро-Лайтнинг с более токсичными действующими веществами (имазамокс и имазапир). Отклонения активности каталазы по сравнению с контролем (вариантом без применения биопрепаратов) составляли от 2 до 16% только на варианте технологии Clearfield. На вариантах применения других технологий изменения непоказательны.

Целлюлозолитические процессы в среднем протекали равномерно по всем вариантам, ни на одном из участков не были отмечены ни резкие ускорения, ни ингибирование микробиологических процессов.

Технология возделывания подсолнечника оказывала существенное влияние на последующие звенья в севообороте. При использовании технологии Clearfield заметно угнетался агроценоз ячменя – последующей культуры в севообороте после подсолнечника: урожайность снижалась на 3–5%, причем на варианте без применения биодеструктора – на 10%.

В рамках классической технологии и технологии «Экспресс» действие биодеструкторов по вариантам не достоверно – показатели урожайности не превышают наименьшую существенную разность (НСР). Это объясняется тем, в соответствии с этими технологиями применяются более мягкие гербициды, с меньшей персистентностью. Для более детальной характеристики действия биодеструкторов требуется статистически значимые результаты в разных почвенно-климатических условиях.

Список источников

1. Бондарчук О.В., Житин Ю.И., Ткачева О.А. Получение экологически безопасной сельскохозяйственной продукции в условиях радиоактивного загрязнения в районах Воронежской области // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т. 12, № 1(60). С. 40–49. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2019.1.40.
2. Горина И.Н., Паталаха Л.М. Деградация гербицидов почвенного действия в посевах подсолнечника // Защита и карантин растений. 2013. № 6. С. 21–22.
3. Дедов А.А., Дедов А.В., Несмеянова М.А. Динамика разложения растительных остатков в черном типичном и продуктивность культур севооборота // Агрохимия. 2016. № 6. С. 3–8.
4. Кислушко П.М., Арашкович С.А. Определение остаточных количеств имазамокса в растениях гороха, почве и воде методом газожидкостной хроматографии // Защита растений. 2017. № 41. С. 287–295.
5. Колотова О.В., Нефедьева Е.Э., Грибуст И.Р. и др. Применение микробных биотехнологий для устранения в почве остатков гербицидов классов имидазолинов и сульфонилмочевин (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2023. № 4. С. 16–27. DOI: 10.25750/1995-4301-2023-4-016-027.
6. Куликова Н.А., Лебедева Г.Ф. Гербициды и экологические аспекты их применения. Москва: Либроком, 2010. 152 с.
7. Лаптев А.Б. Элементы снижения экологических рисков в защите растений // Защита растений в условиях перехода к точному земледелию: материалы международной научной конференции, посвященной 50-летию со дня основания РУП «Институт защиты растений» (Минск, 27–29 июля 2021 г.). Минск: Колорград, 2021. С. 196–199.
8. Определение остаточных количеств пестицидов в пищевых продуктах, сельскохозяйственном сырье и объектах окружающей среды. Сборник методических указаний. МУК 4.1.1217–4.1.1220–03. Москва: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2005. Вып. 2. Ч. 2. 71 с.
9. Русакова И.В., Осковкин И.В. Микробная деградация соломы под влиянием биопрепарата Багс и приемы повышения эффективности его применения на разных типах почв // Агрохимия. 2016. № 8. С. 56–61.
10. Спиридонов Ю.Я., Шестаков В.Г. Гербициды и окружающая среда // Агрохимия. 2000. № 1. С. 37–41.
11. Стрижков Н.И. Экологически обоснованные минимально необходимые нормы и сроки применения гербицидов на полевых культурах // Достижения науки и техники АПК. 2007. № 9. С. 19–20.
12. Турусов В.И., Гармашов В.М., Нужная Н.А. и др. Использование гербицидов при возделывании подсолнечника // Защита и карантин растений. 2018. № 9. С. 43–44.
13. Хворостяной А.С., Бондарчук О.В. Оценка эффективности биодеструкторов гербицидов в агроценозах // Современные достижения и перспективы развития агрономической науки: материалы международной научно-практической конференции, посвященной Десятилетию науки и технологий в Российской Федерации (Воронеж, 17–18 мая 2023 г.). Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2023. С. 139–143.
14. Хворостяной А.С., Бондарчук О.В. Совершенствование технологии выращивания грязового подсолнечника в ЗАО «Павловская МТС» Павловского района Воронежской области // Актуальные проблемы аграрной науки, производства и образования: материалы IX Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов (на иностранных языках) (Воронеж, апрель 2023 г.) Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2023. С. 27–31.
15. Хлюпина С.В. Последствие пестицидов как проявление антропогенной нагрузки на сельскохозяйственные культуры // Приоритеты агропромышленного комплекса: научная дискуссия: материалы Международной научно-практической конференции (Петропавловск, 18 марта 2022 г.). Петропавловск: Некоммерческое акционерное общество «Северо-Казахстанский университет имени Манаша Козыбаева», 2022. С. 285–288.

References

1. Bondarchuk O.V., Zhitin Yu.I., Tkacheva O.A. Obtaining environmentally safe agricultural products in conditions of radioactively contaminated areas in Voronezh Oblast. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2019;12(1):40-49. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2019.1.40. (In Russ.).
2. Gorina I.N., Patalakha L.M. Degradation of soil active herbicides in sunflower plants. *Plant Protection and Quarantine*. 2013;6:21-22. (In Russ.).
3. Dedov A.A., Dedov A.V., Nesmeyanova M.A. The dynamics of decomposition of vegetable residues in typical chernozem and the productivity of crop rotation. *Agrohimia*. 2016;6:3-8. (In Russ.).
4. Kislushko P.M., Arashkovich C.A. Imazamox residues determination in pea plants, soil and water by gas liquid chromatography method. *Plant Protection*. 2017;41:287-295. (In Russ.).
5. Kolotova O.V., Nefedieva E.E., Gribust I.R. et al. Application of microbial biotechnologies to eliminate residues of herbicides of imidazolinone and sulfonyleurea classes in soil (review). *Theoretical and Applied Ecology*. 2023;4:16-27. DOI: 10.25750/1995-4301-2023-4-016-027. (In Russ.).
6. Kulikova N.A., Lebedeva G.F. Herbicides and ecological aspects of their application. Moscow: Librocom Publishers; 2010. 152 p. (In Russ.).
7. Laptiev A.B. Elements of reducing environmental risks in plant protection. In: Plant protection in the transition to precision farming: Proceedings of International Research Conference, dedicated to the 50th anniversary of Republican Unitary Enterprise "Plant Protection Institute" (Priluki, July 27-29, 2021). Minsk: Colorgrad Publishers; 2021:196-199. (In Russ.).
8. Determination of residual amounts of pesticides in food products, agricultural raw materials and environmental objects. Collection of Methodical Guidelines. CMG 4.1.1217–4.1.1220–03. Moscow: Federal Center of Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor Publishers; 2005;2(2). 71 p. (In Russ.).
9. Rusakova I.V., Oskovkin V.V. The microbial degradation of straw under the influence microbial preparation bags and techniques improve its efficiency on different types of soils. *Agrohimia*. 2016;8:56-61. (In Russ.).
10. Spiridonov Yu.Ya., Shestakov V.G. Herbicides and the environment. *Agrohimia*. 2000;1:37-41. (In Russ.).
11. Strizhkov N.I. Environmentally sound minimum necessary standards and terms for application of herbicides on field crops. *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*. 2007;9:19-20. (In Russ.).
12. Turusov V.I., Garmashov V.M., Nuzhnaya N.A. et al. Use of herbicides during the sunflower growing. *Plant Protection and Quarantine*. 2018;9:43-44. (In Russ.).
13. Khvorostyanoy A.S., Bondarchuk O.V. Evaluation of the effectiveness of herbicide biodestructors in agroecosystems. In: Modern Achievements and Prospects for the Development of Agronomic Science: Proceedings of International Research-to-Practice Conference dedicated to the Decade of Science and Technology in the Russian Federation (Voronezh, May 17-18, 2023). Voronezh: Voronezh State Agrarian University Publishers; 2023:139-143. (In Russ.).
14. Khvorostyanoy A.S., Bondarchuk O.V. Improvement of the technology of cultivation of rodent sunflower in Pavlovskaya Machinery and Tractor Station of Pavlovsk District of Voronezh Oblast. In: Urgent Issues of Agricultural Science, Production and Education: Proceedings of the IX International Research-to-Practice Conference of Young Scientists and Specialists (in foreign languages) (Voronezh, April 2023). Voronezh: Voronezh State Agrarian University Publishers; 2023; 27-31. (In Russ.).
15. Khlyupina S.V. The aftereffect of pesticides as a manifestation of anthropogenic stress on agricultural crops. In: Priorities of the Agro-Industrial Complex: Scientific Discussion: Proceedings of International Research-to-Practice Conference (Petrovsk, March 18, 2022). Petrovsk: Non-Profit Limited Company "Manash Kozybayev North Kazakhstan University" Publishers; 2022:285-288. (In Russ.).

Информация об авторах

О.В. Бондарчук – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», bondarchuk2910@mail.ru.

А.С. Хворостяной – и.о. главного агронома ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара имени А.Л. Мазлумова», khvorostals@mail.ru.

Т.В. Бондарчук – обучающийся, факультет ветеринарной медицины и технологии животноводства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», i@btv3092.ru.

Information about the authors

O.V. Bondarchuk, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, bondarchuk2910@mail.ru.

A.S. Khvorostyanoy, Acting Chief Agronomist, Scientific Research Institute of Sugar Beet and Sugar ynamed after A.L. Mazlumov, khvorostals@mail.ru.

T.V. Bondarchuk, Student, Faculty of Veterinary Medicine and Animal Husbandry Technology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, i@btv3092.ru.

Статья поступила в редакцию 16.11.2024; одобрена после рецензирования 26.12.2024; принята к публикации 14.01.2025.

The article was submitted 16.11.2024; approved after reviewing 26.12.2024; accepted for publication 14.01.2025.

© Бондарчук О.В., Хворостяной А.С., Бондарчук Т.В., 2025

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

Научная статья

УДК 632:635.21(470.32)

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2025_1_35

EDN: LPOCYK

**Оценка поражения картофеля вредителями и болезнями
при возделывании в лесостепи Центрального Черноземья****Дмитрий Николаевич Голубцов¹, Владимир Николаевич Образцов^{2✉},
Энфан Ци³, Елена Александровна Тороп⁴,
Михаил Александрович Денеженко⁵, Хепин Лв⁶, Вэй Хуанг⁷**^{1, 2, 4, 5} Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
Воронеж, Россия, ovennn@mail.ru[✉]^{3, 7} Научно-исследовательский институт картофеля Академии сельскохозяйственных наук
провинции Ганьсу, Ланчжоу, Китайская Народная Республика⁶ Академия сельскохозяйственных наук провинции Ганьсу, Ланчжоу,
Китайская Народная Республика

Аннотация. Научные исследования по оценке поражения картофеля вредителями и болезнями важны с точки зрения разработки эффективных мер защиты культуры, так как помогают выявить устойчивые сорта, оптимизировать применение пестицидов, снизить потери урожая и минимизировать экологический ущерб, а также способствуют повышению продуктивности и качества картофеля, что важно для решения проблемы продовольственного обеспечения населения всего мира. Представлены результаты исследования, выполненного с целью оценки устойчивости пяти сортов картофеля китайской селекции (Longhu 7, Longhu 9-a, Longhu 9-b, Longhu 10-a, Longhu 10-b) и пяти сортов российской селекции (Колобок, Невский, Никулинский, Сюрприз, Фиолетовый) к воздействию вредителей и болезней при возделывании в лесостепи Центрального Черноземья. Исследования проводились в ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ в 2022–2024 гг. на территории ботанического сада им. Б.А. Келлера в рамках сотрудничества с Академией сельскохозяйственных наук провинции Ганьсу (КНР). Основное внимание уделялось оценке поражения растений альтернариозом, фузариозным увяданием, а также вирусными и бактериальными заболеваниями, выявляемыми с помощью ПЦР-анализа. Результаты показали, что в 2022 г. поражение болезнями отсутствовало, что связано с поздними сроками посадки и отсутствием инфицированности семенных клубней. В 2023 г. наблюдалось поражение альтернариозом, а в 2024 г. в условиях засухи и высоких температур отмечалось развитие фузариозного увядания. Наиболее устойчивым к болезням среди китайских сортов оказался Longhu 9-b, показатели которого были сопоставимы с российскими сортами. Сорта Longhu 9-a и Longhu 10-b показали высокую восприимчивость к фузариозу и поражению проволоочником. В условиях засухи отмечена деформация клубней у картофеля сорта Longhu 10-a, что привело к потере их товарных качеств.

Ключевые слова: картофель, сорта, вирусные и бактериальные заболевания, вредители, устойчивость, диагностика, ПЦР тестирование

Для цитирования: Голубцов Д.Н., Образцов В.Н., Ци Э., Тороп Е.А., Денеженко М.А., Лв Х., Хуанг В. Оценка поражения картофеля вредителями и болезнями при возделывании в лесостепи Центрального Черноземья // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2025. Т. 18, № 1(84). С. 35–41. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_35–41.

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

Original article

**Assessment of the impact of potato diseases and crop
infestation during cultivation in the forest-steppe
of the Central Chernozem Region****Dmitriy N. Golubtsov¹, Vladimir N. Obratsov^{2✉}, Enfang Qi³, Elena A. Torop⁴,
Mikhail A. Denezhenko⁵, Heping Lv⁶, Wei Huang⁷**^{1, 2, 4, 5} Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia^{3, 7} Potato Research Institute of Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou,
People's Republic of China⁶ Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, People's Republic of China

Abstract. Scientific research on the assessment of the impact of potato diseases damage and crop infestation is important from the point of view of developing effective crop protection measures, as it helps to identify resistant varieties, optimize the use of pesticides, reduce crop losses and minimize environmental impact, and also contribute to improving potato productivity and quality, which is important for solving the problem of food supply for the world's population. The results of study conducted to assess the resistance of five varieties of Chinese-bred potato (Longhu 7, Longhu 9-a, Longhu 9-b, Longhu 10-a, Longhu 10-b) and five Russian-bred varieties (Kolobok, Nevsky, Nikulinsky, Surpriz, Fioletovyi) to pests and diseases during cultivation in the forest-steppe of the Central Chernozem region of Russia. The research was conducted at Voronezh State Agrarian University in 2022-2024 on the territory of the B.A. Keller Botanical Garden in cooperation with the Academy of Agricultural Sciences of Gansu Province (China). The main attention was paid to the assessment of the impact of potato by *Alternaria* blight, *Fusarium* blight, as well as viral and bacterial diseases detected by PCR analysis. The results showed that in 2022 there was no disease damage, which is due to the late planting dates and the absence of infection contamination of seed tubers. In 2023, *Alternaria* blight was observed, and in 2024, *Fusarium* blight was registered in conditions of drought and high temperatures. The Longhu 9-b turned out to be the most resistant to diseases among Chinese varieties, the indicators of which were comparable to Russian varieties. The Longhu 9-a and Longhu 10-b varieties showed high susceptibility to *Fusarium* blight and wireworm infestation. In conditions of drought, tubers of the Longhu 10-a potato were deformed, which led to a loss of their marketable qualities.

Keywords: potato, varieties, viral and bacterial diseases, pests, resistance, diagnostics, PCR testing

For citation: Golubtsov D.N., Obratsov V.N., Qi E., Torop E.A., Denezhenko M.A., Lv H., Huang W. Assessment of the impact of potato diseases and crop infestation during cultivation in the forest-steppe of the Central Chernozem Region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2025;18(1):35-41. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_35-41.

Основной получения высоких урожаев с необходимыми качествами является подбор высокопродуктивных сортов сельскохозяйственных культур. Сельхозпроизводителям реализовать потенциал сорта удастся не всегда по ряду причин. К существенным потерям урожая зачастую приводят повреждения культур вредными организмами, поэтому способность сорта противостоять действию вредителей и болезней имеет приоритетное значение в современной селекции сельскохозяйственных культур [10]. Возделывание устойчивых к вредным организмам сортов позволяет повысить урожайность культур, снизить затраты на применение средств защиты и минимизировать пестицидную нагрузку на агроценоз и получаемую продукцию. В связи с этим большое значение имеет выявление сортов, менее восприимчивых к вредителям и болезням.

С 2022 г. в рамках договора между Воронежским государственным аграрным университетом (ВГАУ) и Академией сельскохозяйственных наук провинции Ганьсу (Ляньчжоу, КНР) на территории ботанического сада ВГАУ был заложен опыт, где проводилась сравнительная оценка поражения вредителями и болезнями пяти сортов картофеля китайской селекции (Longhu 7, Longhu 9-a, Longhu 9-b, Longhu 10-a, Longhu 10-b) и пяти сортов отечественной селекции (Колобок, Невский, Никулинский, Сюрприз, Фиолетовый). Наблюдения за болезнями и вредителями картофеля проводились в течение вегетации и в послеуборочный период. Первое обследование было выполнено при высоте растений 10–15 см, второе – в период бутонизации-цветения, третье – на начало отмирания ботвы, четвертое – клубневой анализ после уборки картофеля. Учеты болезней проводились по методикам Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений (ВИЗР) [3]. Определение болезней осуществляли по внешним признакам и подтверждали микроскопированием пораженной ткани с определением возбудителей болезней. Вирусные, бактериальные, фитоплазменные заболевания определяли методом ПЦР-анализа. Вредителей учитывали визуальным обследованием растений и кошением энтомологическим сачком.

За весь период обследования (с 2022 по 2024 г.) на посевах картофеля при осмотре растений и учетах методом кошения энтомологическим сачком не были обнаружены грызущие вредители и виды тлей, что, вероятно, объясняется изоляцией опыт-

ного участка от личных и промышленных посадок картофеля. Из потенциально опасных видов как переносчиков вирусных и фитоплазменных болезней встречались три вида цикадок: бизонья бодушка, полосатая и желтая цикадки.

Бодушка бизонья, или бизонья цикадка (*Stictocephala bisonia* Kopp & Yorke), по литературным данным, не отмечена как опасный переносчик болезней растений [4, 8], но имеются указания на инфицированность бизоньей цикадки фитоплазмами [11]. Для полосатой цикадки (*Psammotettix striatus* L.) имеются подтверждения о способности переносить на картофеле фитоплазму X-болезни (16SrIII) [5]. По желтой цикадке (*Empoasca pteridis* (Dahlbom)) приводится противоречивая информация, часть исследователей указывает на способность переносить фитоплазму X-болезни (16SrIII) [1, 2], другие не подтверждают эту информацию [5]. Максимальная численность этих видов в фазе начала отмирания ботвы картофеля в 2024 г. на 25 взмахов энтомологического сачка составляла: бизонья цикадка – 5 экз., полосатая – 6 экз., желтая – 8 экз.

В 2022 г. не было отмечено поражения картофеля болезнями, что связано с поздними сроками посадки и отсутствием инфицированности семенных миниклубней.

В 2023 г., который характеризовался большим количеством осадков и прохладной погодой, в период вегетации отмечено поражение листьев альтернариозом, который вызывался грибами *Alternaria solani* Sorauer. и *A. alternata* (Fr.) Keissl. Эти возбудители относятся к широко распространенным в Воронежской области [6, 7]. Заболевание в равной степени поражало отечественные и китайские сорта с интенсивностью развития болезни в пределах 10–20%.

Выявлено незначительное поражение клубней обыкновенной, черной паршой и раневой сухой гнилью. По данным ПЦР тестирования семенных клубней урожая 2023 г. выявлено поражение несколькими широко распространенными вирусами (табл. 1).

Таблица 1. Диагностика заболеваний картофеля методом полимеразной цепной реакции в реальном времени (ПЦР-РВ), урожай 2023 г.

Название сорта	Названия диагностируемых фитопатогенов				
	Potato Virus X и Potato Virus Y	Potato Virus M и Potato Leafroll Virus	Potato Virus S и Potato Virus A	Ralstonia solanacearum (paca 3, bv.2) и Ralstonia solanacearum (paca 1, bv.1)	Clavibacter michiganensis subsp. Sepeidonicus
Longhu 7	«–»	«–»	«–»	«–»	«–»
Longhu 9-a	«–»	«–»	«S»	«–»	«–»
Longhu 9-b	«–»	«M», «L»	«S»	«–»	«–»
Longhu 10-a	«–»	«–»	«–»	«–»	«–»
Longhu 10-b	«–»	«–»	«–»	«–»	«–»
Колобок	«–»	«–»	«–»	«–»	«–»
Невский	«Y»	«–»	«–»	«–»	«–»
Никулинский	«–»	«–»	«–»	«–»	«–»
Сюрприз	«Y»	«–»	«–»	«–»	«–»
Фиолетовый	«Y»	«–»	«–»	«–»	«–»

ПЦР тестирование клубней урожая 2024 г. показало аналогичные результаты (табл. 2). Отсутствовало распространение вирусных и фитоплазменных болезней на другие сорта, что можно объяснить изоляцией опытного участка и отсутствием переносчиков вирусных болезней.

Таблица 2. Диагностика заболеваний картофеля методом полимеразной цепной реакции в реальном времени (ПЦР-РВ), урожай 2024 г.

Название сорта	Названия диагностируемых фитопатогенов					
	Potato Virus X и Potato Virus Y	Potato Virus M и Potato Leafroll Virus	Potato Virus S и Potato Virus A	Potato spindle tuber viroid	Ralstonia solanacearum (paca 3, bv.2) и Ralstonia solanacearum (paca 1, bv.1)	Clavibacter michiganensis subsp. Sepeдонicus
Longhu 7	«–»	«–»	«–»	«–»	«–»	«–»
Longhu 9-a	«–»	«–»	«–»	«–»	«–»	«–»
Longhu 9-b	«–»	«М», «L»	«S»	«–»	«–»	«–»
Longhu 10-a	«–»	«–»	«–»	«–»	«–»	«–»
Longhu 10-b	«–»	«–»	«–»	«–»	«–»	«–»
Колобок	«–»	«–»	«–»	«–»	«–»	«–»
Невский	«Y»	«–»	«–»	«–»	«–»	«–»
Никулинский	«–»	«–»	«–»	«–»	«–»	«–»
Сюрприз	«Y»	«–»	«–»	«–»	«–»	«–»
Фиолетовый	«–»	«–»	«–»	«–»	«–»	«–»

В 2024 г., который характеризовался умеренными осадками в первой половине вегетации и засухой с высокими температурами во второй половине, на картофеле отмечено поражение альтернариозом, а с фазы начала отмирания ботвы – фузариозным увяданием. Данные о распространенности и интенсивности развития болезней в фазе начала отмирания ботвы представлены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты визуального учета болезней на картофеле в 2024 г.

Название сорта	Заболевания		
	Альтернариоз		Фузариозное увядание
	P*, %	R*, %	P*, %
Longshu 7	100	19,8	2
Longshu 9-a	80	6,0	8
Longshu 9-b	90	8,0	1
Longshu 10-a	100	7,5	0
Longshu 10-b	100	15,2	0
Колобок	100	8,3	0
Невский	100	20,2	0
Никулинский	100	29,5	0
Сюрприз	100	38,3	2
Фиолетовый	80	5,4	2

Примечание: P – распространенность болезни, R – интенсивность поражения болезнью.

Наиболее сильно поражаются альтернариозом сорта китайской селекции Longshu 7 и Longshu 10-b, которые превышали по интенсивности развития болезни отечественные сорта Фиолетовый и Колобок, но уступали Никулинскому, Невскому и Сюрпризу. Остальные китайские сорта – Longshu 9-a, Longshu 9-b, Longshu 10-a – имели невысокую степень повреждения, соответствующую слабо пораженным отечественным сортам Фиолетовый и Колобок.

Совместное поражение картофеля альтернариозом и фузариозным увяданием при определенных метеоусловиях приводит к развитию сопряженного трахеомикозного увядания картофеля (СТУК), которое может достигать вредоносности 80–100% [9]. Из всех

исследуемых сортов наиболее сильное распространение фузариозного увядания отмечено у картофеля сорта Longshu 9-a, достигавшее 8% и значительно превышавшее все остальные сорта. В меньшей степени (1–2%) поражение фузариозным увяданием отмечено у сортов Longshu 7 и Longshu 9-b, что соответствовало слабому поражению отечественных сортов Фиолетовый и Сюрприз. На остальных сортах заболевание не обнаружено.

Результаты учета поражения клубней перед закладкой на хранение в 2024 г. (табл. 4) показали, что по сравнению с предыдущим годом усилилось развитие обыкновенной парши, представленной в сетчатой форме, увеличилось поражение сосудистым фузариозом. Впервые отмечено повреждение проволоочником, судя по небольшому диаметру червоточин повреждали личинки младших возрастов, недавно заселившие посадки картофеля. В 2024 г. не отмечено поражение клубней черной паршой.

Таблица 4. Результаты учета болезней и дефектов клубней в послеуборочных пробах 2024 года, %

Название сорта	Обыкновенная парша		Фузариоз сосудистый	Раневой фузариоз	Альтернариоз	Проволочник	Железистая пятнистость	Израстание и другие дефекты
	P*	R*	P*	P*	P*	P*	P*	P*
Longshu 7	100	36	0,1	0,1	–	45	–	–
Longshu 9-a	100	65	45	53	–	65	–	–
Longshu 9-b	95	22,3	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	–
Longshu 10-a	90	16,5	–	0,5	–	80	–	95
Longshu 10-b	100	73,5	50	0,1	–	15	–	–
Колобок	95	48,8	0,1	0,1	–	0,1	–	–
Невский	100	42,5	–	0,1	–	0,1	–	–
Никулинский	100	62,5	0,1	0,1	0,1	0,1	–	–
Сюрприз	100	62	70	5	–	0,1	–	–
Фиолетовый	100	77	–	0,1	–	40	–	–

Примечание: P – распространенность болезни, R – интенсивность поражения болезнью.

Обыкновенной паршой были сильно поражены клубни сортов Longshu 9-a и Longshu 10-b, степень развития болезни превышала показатели всех отечественных сортов, кроме Фиолетового, на остальных сортах китайской селекции интенсивность развития парши была ниже, чем на отечественных. Распространенность поражения клубней у сортов Longshu 9-a, Longshu 10-b сосудистым фузариозом значительно превышала все остальные исследованные сорта, за исключением сорта Сюрприз. Кроме этого, клубни сорта Longshu 9-a были сильно поражены раневым фузариозом. Массовое поражение сосудистым фузариозом клубней сортов Longshu 9-a, Longshu 10-b и Сюрприз предполагает развитие сопряженного трахеомикозного увядания картофеля. Сетчатая форма парши, слабое проявление фузариозного увядания на надземных частях свидетельствуют о позднем поражении картофеля болезнями и объясняются засухой и высокими температурами августа – сентября 2024 г.

Несмотря на слабое поражение болезнями сорта Longshu 10-a клубни, сформировавшиеся в засушливых условиях второй половины 2024 г., отличались сильной деформацией (веретеновидность), израстаниями и наростами. Подозрение на поражение сорта фитоплазмами веретеновидности не подтвердилось результатами ПЦР-анализа (табл. 2).

Клубни большинства китайских сортов в высокой степени были повреждены проволоочником, исключение составлял сорт Longshu 9-b, из отечественных сортов сильнее всех повреждались клубни сорта Фиолетовый, остальные – в незначительной степени.

Из сортов китайской селекции лучшие результаты по устойчивости к поражению болезнями в период наблюдения продемонстрировал сорт Longshu 9-b, показатели которого были на уровне или лучше исследованных отечественных сортов. Хорошие результаты, кроме поражения листьев альтернариозом и клубней проволочником, показал сорт Longshu 7. Сорта Longshu 9-a и Longshu 10-b в условиях 2024 г. имели худшие результаты в связи с сильным поражением фузариозом и проволочниками. У сорта Longshu 10-a в условиях засухи 2024 г. формировались не стандартные деформированные клубни вытянутой формы с израстаниями и наростами, что привело к потере товарных качеств.

Таким образом, проведенные исследования подчеркивает важность выявления устойчивых сортов картофеля для минимизации потерь урожая и снижения пестицидной нагрузки. Полученные данные могут быть полезны для дальнейшей селекционной работы и выбора сортов для выращивания в условиях лесостепи Центрально-Черноземного региона.

Список источников

1. Богоутдинов Д.З. Роль цикадовых в агроценозах пасленовых культур // Защита и карантин растений. 2012. № 5. С. 45–46.
2. Гирсанова Н.В., Кастальева Т.Б., Мешков Ю.И. и др. Фитоплазмы бобовых растений // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2015. № 2. С. 58–73.
3. Долженко В.И. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве. Санкт-Петербург: ВИЗР, 2009. 378 с.
4. Кастальева Т.Б., Богоутдинов Д.З., Боттнер-Паркер К.Д. и др. О разнообразии фитоплазмозов сельскохозяйственных культур в России: патогены и их переносчики // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51, № 3. С. 367–375. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.3.367rus.
5. Кастальева Т.Б., Гирсова Н.В., Богоутдинов Д.З. Таксономическая принадлежность фитоплазм, выявленных на картофеле в Российской Федерации // Достижения науки и техники АПК. 2018. № 3. С. 40–44. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10308.
6. Мельникова Е.С., Мелькумова Е.А., Мохаммад А.М. Вредоносность альтернариоза картофеля как основного биологического ресурса агроценоза Воронежской области // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2016. № 1(48) С. 29–34. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2016.1.29.
7. 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.
8. Рогозина Е.В. Мироненко Н.В., Афанасенко О.С. и др. Широко распространенные и потенциально опасные для российского агропроизводства возбудители вирусных болезней картофеля // Вестник защиты растений. 2016. № 4(90). С. 24–33.
9. Смирнов А.Н., Приходько Е.С., Смирнова О.Г. и др. Некоторые ретроспективные и современные фитопатологические вызовы для картофелеводства // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36, № 2. С. 20–26. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_2_20.
10. Чертова Т.С. Создание устойчивых сортов – общая задача селекционеров и фитоиммунологов // Защита и карантин растений. 2013. № 6. С. 50.
11. Quaglino F., Moussa A., Passera A. et al. Identification and ecology of alternative insect vectors of 'Candidatus Phytoplasma solani' to grapevine // Scientific Reports. 2019. Vol. 9(1). Pp. 1–11. DOI: 10.1038/s41598-019-56076-9.

References

1. Bogoutdinov D.Z. The role of Cicadae in agroecosis of Solanaceae crops. *Plant Protection and Quarantine*. 2012;5:45-46. (In Russ.).
2. Girsanova N.V., Kastalyeva T.B., Meshkov Yu.I. et al. Phytoplasma diseases of legumes. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2015;2:58-73. (In Russ.).
3. Dolzhenko V.I. Methodical guidelines for registration tests of fungicides in agriculture. St. Petersburg: All-Russian Institute of Plant Protection (VIZR) Publishers; 2009. 378 p. (In Russ.).

4. Kastalyeva T.B., Bogoutdinov D.Z., Bottner-Parker K.D. et al. Diverse phytoplasmas associated with diseases in various crops in Russia: pathogens and vectors. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*. 2016;51(3):367-375. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.3.367rus. (In Russ.).
5. Kastalyeva T.B., Girsova N.V., Bogoutdinov D.Z. Taxonomic affiliation of phytoplasma identified on potato in the Russian Federation. *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*. 2018;3:40-44. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10308. (In Russ.).
6. Melnikova E.S., Melkumova E.A., Mohammad A.M. Harmfulness of blight for potato as the main biological resource of the agrocoenosis in Voronezh Oblast. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2016;1(48):29-34. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2016.1.29. (In Russ.).
7. 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. (In Russ.).
8. Rogozina E.V., Mironenko N.V., Afanasenko O.S. et al. Widespread and potentially dangerous to Russian agriculture causative agents of viral diseases of potato. *Plant Protection News*. 2016;4(90):24-33. (In Russ.).
9. Smirnov A.N., Prikhodko E.S., Smirnova O.G. et al. Some retrospective and modern phytopathological challenges for potato production. *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*. 2022;36(2):20-26. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_2_20. (In Russ.).
10. Chertova T.S. The creation of resistant varieties is a common task for breeders and phytoimmunologists. *Plant Protection and Quarantine*. 2013;6:50. (In Russ.).
11. Quagliano F., Moussa A., Passera A. et al. Identification and ecology of alternative insect vectors of 'Candidatus Phytoplasma solani' to grapevine. *Scientific Reports*. 2019;9(1):1-11. DOI: 10.1038/s41598-019-56076-9.

Информация об авторах

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.

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

Э. Ци – магистр генетики и селекции сельскохозяйственных культур, директор лаборатории ресурсов зародышевой плазмы и биотехнологии, Научно-исследовательский институт картофеля Академии сельскохозяйственных наук провинции Ганьсу, qefang@126.com.

Е.А. Тороп – доктор биологических наук, профессор кафедры селекции, семеноводства и биотехнологий ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», helenatorop@yandex.ru.

М.А. Денеженко – магистрант кафедры растениеводства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», mihaildenezhenko@yandex.ru.

Х. Лв – доктор наук по защите растений, Академия сельскохозяйственных наук провинции Ганьсу, zhweili305@163.com.

В. Хуанг – научный сотрудник лаборатории ресурсов зародышевой плазмы и биотехнологии, Научно-исследовательский институт картофеля Академии сельскохозяйственных наук провинции Ганьсу, gskxy@gsas.ac.cn.

Information about the authors

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.

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

E. Qi, Master of Crop Genetics and Breeding, Director, Germplasm Resources and Biotechnology Laboratory, Potato Research Institute of Gansu Academy of Agricultural Sciences, qefang@126.com.

E.A. Torop, Doctor of Biological Sciences, Professor, the Dept. of Selection, Seed Production and Biotechnology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, helenatorop@yandex.ru.

M.A. Denezhenko, Master's Degree Student, the Dept. of Crop Science, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, mihaildenezhenko@yandex.ru.

H. Lv, Doctor of Science in Plant Protection, Gansu Academy of Agricultural Sciences, zhweili305@163.com.

W. Huang, Research Assistant, Germplasm Resources and Biotechnology Laboratory, Potato Research Institute of Gansu Academy of Agricultural Sciences, gskxy@gsas.ac.cn.

Статья поступила в редакцию 15.12.2024; одобрена после рецензирования 24.01.2025; принята к публикации 05.02.2025.

The article was submitted 15.12.2024; approved after reviewing 24.01.2025; accepted for publication 05.02.2025.

© Голубцов Д.Н., Образцов В.Н., Ци Э., Тороп Е.А., Денеженко М.А., Лв Х., Хуанг В., 2025

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

Научная статья

УДК 631.1:581.2

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2025_1_42

EDN: LQEOVZ

Новые генотипы озимой пшеницы, устойчивые к твердой головне

Ирина Васильевна Ефремова¹, Гавриил Михайлович Мелькумов²,
Анатолий Фёдорович Климкин^{3✉}, Елизавета Айрапетовна Мелькумова⁴,
Дмитрий Николаевич Голубцов⁵

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

² Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

³ aklimkin.73@yandex.ru

Аннотация. Для выявления генотипов озимой пшеницы, устойчивых к такому опасному заболеванию, как твердая головня, на искусственном инфекционно-провокационном фоне на базе ФГБНУ Воронежский ФАНЦ проведены исследования по определению поражаемости моногенных линий культуры расами местной популяции патогена. С 2018 по 2020 г. изучено 444 сортообразца. С использованием международных и местных сортов-индикаторов установлены гены устойчивости (Bt) к твердой головне озимой пшеницы. Выделены моногенные линии EAR63A (Bt₆) и Orofen (Bt₈), проявившие высокую устойчивость ко всем расам местной популяции патогена. В 2018 и 2019 гг. отмечено снижение восприимчивости линии Estacao (Bt₂) с 43,4 до 19,7%, которая по показателю 2020 г. стала практически устойчивой (3,1%). Другие моногенные линии – Адисиба (Bt₃), Карафутто (Bt₄) и Местная 117 (Bt₅) – за 3 года испытаний показали среднюю восприимчивость, которая плавно снижалась в 2018 и 2019 гг., а в 2020 г. уменьшилась на треть. У линий Норенхеймер (Bt₁) и Contey (Bt₇) отмечено увеличение анализируемого показателя до слабой восприимчивости. По данным анализа сортов местной селекции на искусственном инфекционном фоне отмечена агрессивность рас твердой головни, в результате чего проявилась высокая восприимчивость – в пределах от 56,8 до 95,8%. Выделены сортообразцы и комбинации скрещиваний озимой пшеницы, обладающие различной степенью устойчивости к твердой головне, включая иммунитет: формы Лютесценс – 3328, 3329, 2235, Черноземка 88 × Одесская 267 (221). В 2020 г. отобраны гибридные образцы с номерами 168, 170, 173 и 174. Из большой выборки растений выделены комбинации скрещиваний, обладающие высокой устойчивостью к патогену (Лютесценс 4899 × Лагуна, Черноземка 115 × Лютесценс 2243), а также доноры устойчивости к патогену, которые вовлечены в селекционный процесс и проходят сортоиспытание в полевых условиях.

Ключевые слова: озимая пшеница, твердая головня, поражаемость, инфекционный фон, патоген, устойчивость
Для цитирования: Ефремова И.В., Мелькумов Г.М., Климкин А.Ф., Мелькумова Е.А., Голубцов Д.Н. Новые генотипы озимой пшеницы, устойчивые к твердой головне // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2025. Т. 18, № 1(84). С. 42–49. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_42–49.

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

Original article

New genotypes of winter wheat resistant to bunt smut

Irina V. Efremova¹, Gavriil M. Melkumov², Anatoliy F. Klimkin^{3✉},
Elizaveta A. Melkumova⁴, Dmitriy N. Golubtsov⁵

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

² Voronezh State University, Voronezh, Russia

³ aklimkin.73@yandex.ru

Abstract. In order to identify the genotypes of winter wheat resistant to such a dangerous disease as bunt smut on an artificial infectious and provocative background, studies were conducted on the basis of Voronezh Federal Agricultural Scientific Centre to determine the incidence of monogenic crop lines by races of the local pathogen population. From 2018 to 2020, 444 cultivars were studied. The genes of resistance (Bt) to winter wheat bunt smut have been established using international and local indicator varieties. The monogenic EAR63A (Bt₆) and Orofen (Bt₈) lines have been isolated, which showed high resistance to all races of the local pathogen population. In 2018 and 2019, the susceptibility of the Estacao line (Bt₂) decreased from 43.4 to 19.7%, which became almost stable (3.1%) in 2020. Other monogenic lines, Adisiba (Bt₃), Karafuto (Bt₄) and Mestnyi 117 (Bt₅), showed

an average susceptibility over 3 years of testing, which gradually decreased in 2018 and 2019, and decreased by a third in 2020. The Hopenheimer (Bt1) and Contey (Bt7) lines showed an increase in the analyzed indicator to low susceptibility. According to the analysis of locally selected varieties, the aggressiveness of bunt smut was noted against an artificial infectious background, resulting in a high susceptibility ranging from 56.8 to 95.8%. Cultivars and combinations of crosses of winter wheat with varying degrees of resistance to bunt smut, including immunity, have been identified, i.e. 3328, 3329, 2235 forms of *Lutescens*, Chernozemka 88 × Odesskaya 267 (221). In 2020, hybrid samples with numbers 168, 170, 173 and 174 were selected. From a large sample of plants, combinations of crosses with high resistance to the pathogen (*Lutescens* 4899 × Laguna, Chernozemka 115 × *Lutescens* 2243), as well as donors of resistance to the pathogen, which are involved in the breeding process, and also undergo variety testing in the field, have been identified.

Keywords: winter wheat, bunt smut, infectivity, infectious background, pathogen, resistance

For citation: Efremova I.V., Melkumov G.M., Klimkin A.F., Melkumova E.A., Golubtsov D.N. New genotypes of winter wheat resistant to bunt smut. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2025;18(1):42-49. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_42-49.

Введение
Проблема устойчивости озимой пшеницы к твердой головне в настоящее время весьма актуальна. Применение новых технологий, направленных на увеличение производства зерна с меньшими затратами ручного труда, предусматривает активное использование пестицидов. Химические обработки, кроме того, что повышают себестоимость производства, наносят вред окружающей среде, в том числе и растениям, в тканях которых остаточные количества химических средств защиты накапливаются и могут попадать в готовую пищевую продукцию, нанося вред здоровью человека. Селекция устойчивых сортов озимой пшеницы является экологически безопасным направлением защиты от болезней и отвечает требованиям органического земледелия. По мнению многих ученых-фитопатологов, внедрение устойчивых сортов вполне оправдывает все затраты на их создание, так как даже умеренная устойчивость оказывается ценной, а окупаемость комплексно-устойчивых сортов составляет 1:300 [1, 7, 13, 15].

Селекция на устойчивость к болезням – трудоемкий процесс, так как приходится рассматривать сложные нюансы системы растение – патоген в конкретных почвенно-климатических условиях произрастания культуры. При этом у возбудителя болезни активно происходят расообразовательные процессы с появлением новых более вирулентных и агрессивных рас [2, 8, 12].

Ю.В. Зеленева, В.В. Плахотник и В.П. Судникова в условиях Центрально-Черноземного региона изучали структуру патогенных свойств популяции *Tilletia caries* на озимой пшенице [6].

И.В. Гусев и В.В. Чекмарев описали способы контроля развития твердой головни пшеницы [3].

По результатам оценки коллекционных образцов озимой пшеницы на устойчивость к патогену Н.В. Шишкиным с соавт. и Ю.Г. Левченко удалось создать исходный материал для селекционно-генетических изысканий [11, 18, 19].

Пшеница – самоопыляемая культура, в связи с чем растения имеют одинаковую генетическую защиту, поэтому новые вирулентные расы патогена начинают доминировать, и болезнь становится более вредоносной, что приводит к эпифитотиям.

Для диагностики развития твердой головни озимой пшеницы целесообразно проводить мониторинг состояния посевов, который позволяет прогнозировать заболевание не только на искусственном инфицированном фоне, но и в полевых условиях [14].

Недостаточное количество осадков и неравномерность их выпадения, а также температурные градиенты почвы в период оптимальных сроков сева и вегетации озимой пшеницы в Центрально-Черноземном регионе обуславливают периодичность проявления болезни по годам [16, 13].

В связи с тем, что головневые грибы являются биотрофами, при любой технологии возделывания культуры изначальным приемом является протравливание семян

малотоксичными многокомпонентными фунгицидами системного или системно-контактного действия, которые могут использоваться и на искусственном инфекционном фоне [5, 13, 17].

Методика эксперимента

Для объективной постановки опыта исследования проводились на искусственном инфекционно-провокационном фоне твердой головни озимой пшеницы на базе ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева».

Материалом для исследований служили сортообразцы лаборатории селекции озимой пшеницы: конкурсного (КСИ) и предварительного сортоиспытания (ПСИ), а также контрольного питомника (КП). За три года исследований (с 2018 по 2020 г.) изучено 444 сортообразца.

Посев озимой пшеницы осуществляли в более поздние сроки (после 25 сентября) ручной сеялкой РС-20 на глубину 5 см. Делянки 3-рядковые метровой длины. Повторность 3-кратная.

Семена перед посевом заспорили согласно общепринятой методике [10].

Индикатором эффективности и равномерности проявления болезни служил районированный восприимчивый сорт Одесская 267, который высевался через каждые 10 вариантов опыта.

Учет пораженности (П.) образцов твердой головней проводили в фазе молочно-восковой спелости зерна по предложенной формуле:

$$П. = (Б.к. / В.к.) \times 100\%,$$

где Б.к. – больные колосья на делянке, шт.;

В.к. – всего колосьев на делянке, шт.

Для определения типа устойчивости пшеницы к видам твердой головни на искусственном инфекционно-провокационном фоне использовали специализированную шкалу оценки образцов [9].

Результаты и их обсуждение

При любой технологии возделывания озимой пшеницы, как традиционной, так и современной, изначальным приемом против головневых болезней является протравливание семян.

Твердая, мокрая или вонючая головня озимой пшеницы периодически встречается в Центральном Черноземье [6, 13]. Это опасное заболевание вызывается биотрофным базидиомицетом *Tilletia caries* (DC.) Tul. & C. Tul. Гриб заражает проростки во время прорастания семян озимой пшеницы. Впоследствии мицелий развивается вместе с культурой, диффузно проникая во все органы и ткани растений. Признаки поражения обнаруживаются в фазе молочной спелости, где в пораженном колосе вместо зерен формируются «головневые мешочки». Внутри завязей образуется черная масса хламидоспор, липкая, дурно пахнущая испорченным сеledочным рассолом из-за наличия газообразного вещества триметиламина – $(CH_3)_3N$, образующегося в результате распада азотистых соединений растений озимой пшеницы. Формирующийся колос легковесный, прямостоячий, при этом колосовые чешуи растопырены. При обмолоте пораженного зерна хламидоспоры прилипают к поверхности здоровых семян и сохраняются на них до посева. После высева такого зерна в почву хламидоспоры прорастают и образуют базидии с базидиоспорами, которые и заражают проростки семян.

Развитие *T. caries* тесно связано как с абиотическими, так и биотическими условиями окружающей среды, что приводит к патогенезу твердой головни озимой пшеницы. Это определяется такими свойствами, как патогенность, вирулентность и агрессивность патогена. Патогенность обуславливает заболевание озимой пшеницы данным возбудителем. Вирулентность является качественной, а агрессивность – количественной

мерой патогенности. При благоприятных для патогена условиях минимальное количество инокулюма (заразного начала) способно привести к эпифитотии – массовому развитию болезни.

По данным изучения реакции моногенных линий озимой пшеницы, обладающих аллелями гена устойчивости, на расовый состав местной популяции твердой головки, выявлена различная степень их поражаемости (табл. 1).

Таблица 1. Поражаемость моногенных линий озимой пшеницы расами местной популяции твердой головки

Сорт-индикатор	Число колосьев								
	2018 г.			2019 г.			2020 г.		
	всего, шт.	пораженные		всего, шт.	пораженные		всего, шт.	пораженные	
		шт.	%		шт.	%		шт.	%
Hopenheimer (Bt ₁)	262	93	35,5	233	69	29,6	351	74	21,1
Estacao (Bt ₂)	203	88	43,4	198	39	19,7	323	10	3,1
Адисиба (Bt ₃)	308	123	39,9	175	29	16,6	406	110	27,1
Карафуту (Bt ₄)	352	176	50,0	180	91	50,5	318	114	35,9
Местная 117 (Bt ₅)	334	146	43,8	246	88	35,8	326	102	31,3
ЕАР63А (Bt ₆)	247	11	4,5	198	12	6,1	315	15	4,8
Contey (Bt ₇)	214	106	49,6	245	42	17,2	365	80	22,0
Orofen (Bt ₈)	222	13	5,9	197	24	12,2	328	12	3,7

С использованием международных и местных сортов-индикаторов установлены гены устойчивости (Bt) к твердой головке озимой пшеницы.

Выделены моногенные линии ЕАР63А (Bt₆) и Orofen (Bt₈). Отмечено снижение восприимчивости к патогену линии Estacao (Bt₂) в 2018 г. с 43,4 до 19,7% в 2019 г., которая по показателю 2020 г. стала практически устойчивой (3,1%). Другие моногенные линии – Адисиба (Bt₃), Карафуту (Bt₄) и Местная 117 (Bt₅) – за 3 года испытаний показали среднюю восприимчивость, которая плавно снижалась в 2018 и 2019 гг., а в 2020 г. уменьшилась на треть. У линий Hopenheimer (Bt₁) и Contey (Bt₇) отмечено увеличение анализируемого показателя до слабой восприимчивости.

Сорта местной селекции за 3 года изучения проявили сильную восприимчивость (от 56,8 до 95,8 %) к твердой головке (табл. 2).

Таблица 2. Агрессивность рас твердой головки на сортах озимой пшеницы местной селекции

Сорт	Число колосьев								
	2018 г.			2019 г.			2020 г.		
	всего, шт.	пораженные		всего, шт.	пораженные		всего, шт.	пораженные	
		шт.	%		шт.	%		шт.	%
Одесская 267*	2263	1885	83,3	3236	2277	71,7	5311	4154	78,2
Степная 135	201	87	43,3	308	113	36,7	408	390	95,8
Червоная	207	189	91,4	279	211	75,7	416	305	73,3
Базальт	232	174	75,0	275	156	56,8	363	246	67,6
Черноземка 88	240	224	93,4	265	232	87,4	350	238	68,7
Крастал	227	211	93,0	323	215	66,0	357	335	93,9
Лагуна	219	203	92,7	327	286	87,3	283	244	86,3

Примечание: * – стандарт.

Сорт озимой пшеницы Степная 135, районированный еще в 1948 г., оказался толерантным к местной популяции патогена в 2018 и 2019 гг., что необходимо учитывать в селекционно-генетических исследованиях.

В ходе проведения испытаний (2018–2020 гг.) из большого количества сортов, сортообразцов и комбинаций скрещивания озимой пшеницы выделены формы, отличающиеся либо высокой устойчивостью к твердой головне, либо наличием иммунитета, так как видимых признаков поражения не обнаружено (табл. 3–5).

Таблица 3. Сортообразцы озимой пшеницы с высокой степенью устойчивости к твердой головне в 2018 г.

Сортообразец	Число колосьев			Сортообразец	Число колосьев		
	всего, шт.	пораженные			всего, шт.	пораженные	
		шт.	%			шт.	%
Лютесценс 3328	152	0	0,0	Лютесценс 3329	216	0	0,0
Лютесценс 3281	292	8	2,8	Лютесценс 3335	294	0	0,0
Черноземка 88 × Одесская 267 (221)	178	0	0,0	Эритроспермум 3210	231	21	9,1
Черноземка 88 × Одесская 267 (222)	194	2	1,1	АФ-7 × Лютесценс 2402	172	8	4,7
Черноземка 88 × Одесская 267 (228)	209	18	8,7	Черноземка 88 × Л. 92h24Г4 (322)	212	7	3,4
Одесская 267 × Лагуна (274)	234	6	2,6	Черноземка 88 × Л. 92h24Г4 (325)	206	18	8,8

Таблица 4. Сортообразцы озимой пшеницы с высокой степенью устойчивости к твердой головне в 2019 г.

Сортообразец	Число колосьев			Сортообразец	Число колосьев		
	всего, шт.	пораженные			всего, шт.	пораженные	
		шт.	%			шт.	%
Лютесценс 3167	277	22	8,0	Л. 48-99 кГ 3721 × Лагуна	197	1	0,6
Лютесценс 3272	291	22	7,6	Черноземка 115 × Лютесценс 2243	236	1	0,5
Лютесценс 3287	302	19	6,3	Черноземка 115 × Лютесценс 2243	270	8	3,0
Черноземка 88 × Лютесценс 1996	239	6	2,6	Черноземка 115 × Лютесценс 2243	206	7	3,4
Одесская 267 × Л. 91-92к Г20-6-4ГЗ	207	8	3,9	380	268	5	1,9
Л. 48-99 кГ 3721 × Лагуна	189	10	5,3	383	233	7	3,1

Таблица 5. Сортообразцы озимой пшеницы с высокой степенью устойчивости к твердой головне в 2020 году

Сортообразец	Число колосьев			Сортообразец	Число колосьев		
	всего, шт.	пораженные			всего, шт.	пораженные	
		шт.	%			шт.	%
289 J2 × 2007(168)	381	0	0,0	289 J2 × 2007(173)	314	0	0.0
289 J2 × 2007(170)	309	0	0,0	289 J2 × 2007(174)	325	0	0,0
Лютесценс 3398	319	13	4,2	Лютесценс 3375	359	20	6,5
Лютесценс 2129 × Лютесценс 2402(191)	303	20	6,7	Лютесценс 2402 × Лютесценс 2243(267)	363	5	1,5

В 2018 г., при сильном поражении стандарта и сортов местной селекции (табл. 3), из 147 образцов выделено 12 практически устойчивых к твердой головне.

Высокую степень устойчивости в 2019 г. из 132 образцов КСИ, ПСИ и КП проявили всего лишь 10 (табл. 4), которые необходимо использовать в селекционной работе против твердой головки озимой пшеницы.

По результатам анализа полученного фактического материала (табл. 3–5) установлено, что при использовании искусственного инфекционно-провокационного фона твердой головки выделены доноры устойчивости к данному патогену из районированных и перспективных сортов озимой пшеницы.

Сортообразцы группы Лютесценс широко используются в гибридных прямых и обратных скрещиваниях лаборатории селекции озимой пшеницы. Полученный селекционный материал успешно проходит сортоиспытание в естественных условиях проявления болезни.

Выводы

На основе анализа опубликованных литературных источников, большого фактического материала сортов и комбинаций скрещиваний, а также собственных результатов испытания озимой пшеницы на искусственном инфекционно-провокационном фоне в отношении твердой головки выделены перспективные источники устойчивости для дальнейшей селекционной работы.

С помощью международных и отечественных сортов-индикаторов установлены гены устойчивости (Bt) к твердой головне озимой пшеницы.

При изучении расового состава выявлена их вирулентность в отношении местной популяции твердой головки. Выделены моногенные линии EAP 63A (Bt₆) и Orofen (Bt₈), обладающие высокой степенью устойчивости к большинству рас патогена.

В течение трех лет испытаний (2018–2020 гг.) у разных сортов-индикаторов отмечены колебания признака устойчивости в сторону его увеличения в 2020 г.

На сортах озимой пшеницы местной селекции установлена агрессивность рас твердой головки. На жестком инфекционном фоне выделены доноры, отличающиеся разной степенью устойчивости, включая иммунитет.

Сортообразцы озимой пшеницы группы Лютесценс в естественных полевых условиях широко используются в гибридных скрещиваниях и проходят сортоиспытание на данный признак.

Список источников

1. Воронкова А.А. Генетико-иммунологические основы селекции пшеницы на устойчивость к ржавчине: монография. Москва: Колос, 1980. 191 с.
 2. Гешеле Э.Э. Основы фитопатологической оценки в селекции растений. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Колос, 1978. 206 с.
 3. Гусев И.В., Чекмарев В.В. Твердая головня пшеницы и способы контроля развития патогена // Colloquium-journal. 2020. № 1-2(53). С. 46–48.
 4. Дубровская Н.Н. Оценка действия фунгицидов против возбудителя твердой головки пшеницы на искусственном инфекционном фоне // Colloquium-journal. 2019. № 17-2(41). С. 15–16.
 5. Дубровская Н.Н., Чекмарев В.В., Корабельская О.И. и др. Способы оценки эффективности фунгицидов в отношении возбудителей корневых гнилей и твердой головки пшеницы на искусственном инфекционном фоне // Наука без границ. 2019. № 7(35). С. 48–54.
-

6. Зеленева Ю.В., Плахотник В.В., Судникова В.П. Структура патогенных свойств популяции возбудителя твердой головни пшеницы (*Tilletia caries* (D.C.) Tul.) в Центрально-Черноземном регионе // Вестник Тамбовского университета. Серия: естественные и технические науки. 2017. Т. 22, № 2. С. 399–403. DOI: 10.20310/1810-0198-2017-22-2-399-403.
7. Зеленева Ю.В., Судникова В.П., Плахотник В.В. и др. Выявление источников устойчивости пшеницы к твердой головне // Защита и карантин растений. 2019. № 8. С. 44–45.
8. Жуковский П.М. Генетические основы происхождения биологических рас гибридного паразита и поиска устойчивого генотипа растения-хозяина // Генетика. 1965. № 6. С. 137–148.
9. Кривченко В.И., Мягкова Д.В. Методы изучения пшеницы на устойчивость к пыльной и твердой головне // Методы фитопатологических и энтомологических исследований в селекции растений: Научные труды ВАСХНИЛ. Москва: Колос, 1977. С. 25–31.
10. Кривченко В.И., Хохлова А.П. Головные болезни зерновых культур // Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам: методическое пособие. Москва: Россельхозакадемия, 2008. С. 32–85.
11. Левченко Ю.Г., Тархов А.С., Аблова И.Б. Создание нового исходного материала для селекции озимой мягкой пшеницы на устойчивость к возбудителям твердой головни // Рисоводство. 2018. № 2(39). С. 32–37.
12. Одинцова И.Г. Методы оценки общей и специфической устойчивости растений к болезням // Научные труды ВАСХНИЛ. Ленинград: Колос 1977. С. 129–139.
13. Ожога О.Н., Мелькумова Е.А. Распространенность головневых болезней на озимой пшенице в Воронежской области и приемы ограничения их вредоносности // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2020. Т. 13, № 1(64). С. 90–98. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.1.90.
14. Постовая О.В., Вислобокова Л.Н., Чекумарев В.В. Прогноз развития твердой головни озимой пшеницы на искусственном инфекционном фоне // Зерновое хозяйство России. 2013. № 2. С. 60–62.
15. Судникова В.П., Плахотник В.В., Зеленева Ю.В. и др. Методология выявления источников устойчивости к твердой головне пшеницы (*Tilletia caries* (D. C.) Tul.) // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 6. С. 66–71.
16. Чевердин Ю.И. Изменение свойств почв юго-востока Центрального Черноземья под влиянием антропогенного воздействия: монография. Воронеж: Истоки, 2013. 335 с.
17. Чекумарев В.В. Эффективность протравителей против твердой головни пшеницы // Защита и карантин растений. 2012. № 8. С. 27–28.
18. Шишкин Н.В., Дерова Т.Г., Марченко Д.М. Результаты оценки коллекционных образцов озимой пшеницы на устойчивость к твердой головне // Зерновое хозяйство России. 2015. № 2. С. 60–63.
19. Шишкин Н.В., Дерова Т.Г., Марченко Д.М. Создание исходного материала для селекции устойчивых к твердой головне сортов озимой пшеницы // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 113. С. 1543–1554.

References

1. Voronkova A.A. Genetic and immunological foundations of wheat breeding for rust resistance: monograph. Moscow: Kolos Publishers; 1980. 191 p. (In Russ.).
2. Geshele E.E. Fundamentals of phytopathological assessment in plant breeding. 2nd edition, revised and enlarged. Moscow: Kolos Publishers; 1978. 208 p. (In Russ.).
3. Gusev I.V., Chekmarev V.V. Wheat smut bunt and ways to control the development of the pathogen. *Colloquium-journal*. 2020;1-2(53):46-48. (In Russ.).
4. Dubrovskaya N.N. To evaluate the effect of fungicides against the pathogen smut bunt of wheat on an artificial infectious background. *Colloquium-journal*. 2019;17-2(41):15-16. (In Russ.).
5. Dubrovskaya N.N., Chekmarev V.V., Korabelskaya O.I. et al. Methods for evaluating the effectiveness of fungicides against root rot pathogens and smut bunt of wheat on an artificial infectious background. *Science without borders*. 2019;7(35):48-54. (In Russ.).
6. Zeleneva Yu.V., Plakhotnik V.V., Sudnikova V.P. The structure of pathogenic properties of the population of the wheat ball smut agent *Tilletia caries* (D.C.) Tul. in the Central Chernozem region. *Tambov University Reports. Series: Natural and Technical Sciences*. 2017;22(2):399-403. DOI: 10.20310/1810-0198-2017-22-2-399-403. (In Russ.).
7. Zeleneva Yu.V., Sudnikova V.P., Plakhotnik V.V. et al. Identification of sources of wheat resistance to the bunt smut. *Plant Protection and Quarantine*. 2019;8:44-45. (In Russ.).
8. Zhukovsky P.M. Genetic basis of the origin of biological races of a hybrid parasite and the search for a stable genotype of the host plant. *Russian Journal of Genetics*. 1965;6:137-148. (In Russ.).
9. Krivchenko V.I., Myagkova D.V. Methods of studying wheat for resistance to dusty and smut bunt. *Methods of phytopathological and entomological research in plant breeding: Proceedings of the All-Russian Academy of Agricultural Sciences named after V.I. Lenin*. Moscow: Kolos Publishers; 1977:25-31. (In Russ.).

10. Krivchenko V.I., Khokhlova A.P. Smut diseases of grain crops. In: Study of genetic resources of grain crops for resistance to harmful organisms: guidance manual. Moscow: Russian Academy of Agricultural Sciences Publishers; 2008:32-85. (In Russ.).
11. Levchenko Yu.G., Tarkhov A.S., Ablova I.B. Development of new starting material for breeding soft winter wheat for resistance to kernel smut. *Rice Growing*. 2018;2(39):32-37. (In Russ.).
12. Odintsova I.G. Methods for assessing general and specific resistance of plants to diseases. *Proceedings of the All-Russian Academy of Agricultural Sciences named after V.I. Lenin*. Leningrad: Kolos Publishers; 1977:129-139. (In Russ.).
13. Ozhoga O.N., Melkumova E.A. Prevalence of smut diseases in winter wheat in Voronezh Oblast and methods of limiting their harmfulness. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2020;13(1):90-98. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.1.90. (In Russ.).
14. Postovaya O.V., Vislobokova L.N., Chekmarev V.V. Forecast of development of pathogen of winter wheat smut on artificial infectious background. *Grain Economy of Russia*. 2013;2:60-62. (In Russ.).
15. Sudnikova V.P., Plakhotnik V.V., Zeleneva Yu.V. et al. Methodology for identification of sources of resistance to wheat smut (*Tilletia caries* (D.C.) Tul. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2018;6:66-71. (In Russ.).
16. Cheverdin Yu.I. Changes in soil properties of the south-east of the Central Chernozem region under anthropogenic impact: monograph. Voronezh: Istoki Publishers; 2013. 335 p. (In Russ.).
17. Chekmarev V.V. Effectiveness of the disinfectants against *Tilletia caries*. *Plant protection and quarantine*. 2012;8:27-28. (In Russ.).
18. Shishkin N.V., Derova T.G., Marchenko D.M. Assessment results of collection samples of winter wheat on tolerance to smut (*Tilletia caries*). *Grain Economy of Russia*. 2015;2:60-63. (In Russ.).
19. Shishkin N.V., Derova T.G., Marchenko D.M. Creation of initial material for breeding winter wheat varieties resistant to smut. *Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University*. 2015;113: 1543-1554. (In Russ.).

Информация об авторах

И.В. Ефремова – соискатель кафедры земледелия и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», irina.v.efremova@mail.ru.

Г.М. Мелькумов – кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и микологии медико-биологического факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», agaricbim86@mail.ru.

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

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

Information about the authors

I.V. Efremova, Candidate Degree Seeking Applicant, the Dept. of Soil Management and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, irina.v.efremova@mail.ru.

G.M. Melkumov, Candidate of Biological Sciences, Docent, the Dept. of Botany and Mycology of the Faculty of Medicine and Biology, Voronezh State University, agaricbim86@mail.ru.

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.

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, zemledel@agronomy.vsau.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.

Статья поступила в редакцию 20.01.2025; одобрена после рецензирования 26.02.2025; принята к публикации 05.03.2025.

The article was submitted 20.01.2025; approved after reviewing 26.02.2025; accepted for publication 05.03.2025.

© Ефремова И.В., Мелькумов Г.М., Климкин А.Ф., Мелькумова Е.А., Голубцов Д.Н., 2025

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

Научная статья

УДК 635.342:631.811.98:581.1

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2025_1_50

EDN: LRYFUP

**Особенности фотосинтеза у растений капусты белокочанной
различных сортов и гибридов при применении регуляторов
роста в условиях лесостепи ЦЧР России**

Сергей Яковлевич Мухортов^{1✉}

¹ Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
Воронеж, Россия

¹ muhortovtomat@mail.ru✉

Аннотация. Представлены результаты исследований, проведенных с целью определения особенностей фотосинтеза у растений различных сортообразцов капусты белокочанной при применении регуляторов роста в условиях ЦЧР России. Объекты исследований: сорт Вьюга, гибриды Агрессор F₁, Атрия F₁, Зенон F₁, Колобок F₁, Галакси F₁, Килатон F₁ и регуляторы роста альбит (1%), крезацин (0,2%), циркон (0,5%), которыми обрабатывали семена перед посевом. Агротехника в опыте – принятая для овощных культур в ЦЧР. Использование регуляторов роста способствовало достоверному увеличению площади листовой поверхности: на применение крезацина и альбита в наибольшей степени отозвался гибрид Колобок F₁ (прибавка – соответственно 0,76 и 0,92 м²/м²), циркона – гибрид Агрессор F₁ (прибавка – 2,93 м²/м²). Обработка семян изучаемыми регуляторами роста способствовала повышению фотосинтетического потенциала: крезацин – на 0,16–0,81 тыс. м²×сут./га, альбит – на 0,55–1,40, циркон – на 0,70–2,85 тыс. м²×сут./га. Максимальный эффект отмечен при обработке крезацином семян гибрида Колобок F₁ (прибавка – 0,81 тыс. м²×сут./га по отношению к контролю), немного меньшим был эффект при обработке семян гибридов Килатон F₁ и Агрессор F₁ – превышение на 0,53–0,54 тыс. м²×сут./га. Наиболее эффективное формирование чистой продуктивности посевов отмечено у гибрида Колобок F₁ (прибавка к контролю – 2,60 г/м²×сут.). Урожайность гибридов Агрессор F₁ и Колобок F₁ достоверно превышала показатель контроля – соответственно на 16,98 и 15,20 т/га. Использование регуляторов роста снижало показатели чистой продуктивности фотосинтеза и удельной продуктивности посевов, но это кардинально не влияло на усиление процессов формирования урожая кочанов капусты белокочанной. Лучшими в опыте были варианты, где для предпосевной обработки семян гибридов Агрессор F₁ и Колобок F₁ применяли альбит (0,4%), что обусловило не только усиление фотосинтетической деятельности, но и повышение урожайности.

Ключевые слова: капуста белокочанная, фотосинтетическая деятельность, площадь листьев, фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза

Для цитирования: Мухортов С.Я. Особенности фотосинтеза у растений капусты белокочанной различных сортов и гибридов при применении регуляторов роста в условиях лесостепи ЦЧР России // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2025. Т. 18, № 1(84). С. 50–59. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_50–59.

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

Original article

**Features of photosynthetic activity in plants of various varieties
of white cabbage when using growth regulators in the conditions
of the forest-steppe of the Central Chernozem region of Russia**

Sergey Ya. Mukhortov^{1✉}

¹ Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great Voronezh, Russia

¹ muhortovtomat@mail.ru✉

Abstract. The results of studies conducted to determine the features of photosynthetic activity in plants of various varieties of white cabbage when using growth regulators in the conditions of the Central Chernozem region are presented. The objects of research were the V'yuga variety and such hybrids as Aggressor F₁, Atria F₁, Zenon F₁, Kolobok F₁, Galaksi F₁, Kilaton F₁, as well as growth regulators Albit (1%), Crezacin (0.2%) and Zircon (0.5%),

which were used to treat seeds before sowing. Agricultural technology in the experiment was generally accepted for vegetable crops cultivation in the Central Chernozem region. Application of growth regulators contributed to a significant increase in the leaf surface area: Crezacin and Albit most strongly influenced the hybrid Kolobok F₁ plantings: an increase was of 0.76 and 0.92 m²/m², respectively, the best influence of Zircon was on the hybrid Aggressor F₁ plantings, i.e. 2.93 m²/m². Seed treatment with Crezacin, Albit and Zircon increased the photosynthetic potential by 0.16-0.81, 0.55-1.40 and 0.70-2.85 thousand m²×day/ha, respectively. The maximum effect was noted when seeds of the Kolobok F₁ hybrid were treated with Crezacin (an increase of 0.81 thousand m² × day/ha versus control), the effect was slightly lower in the variants of the Kilaton F₁ and Aggressor F₁ hybrids: an increase was 0.53–0.54 thousand m²× day/ha. The most effective formation of net crop productivity was noted in the variant of Kolobok F₁ hybrid: an increase was 2.60 g/m²×day versus control. The yield of the Aggressor F₁ and Kolobok F₁ hybrids significantly exceeded the control indicator by 16.98 and 15.20 t/ha, respectively. The use of growth regulators reduced the net productivity of photosynthesis and the specific productivity of crops, but this did not significantly affect the strengthening of the processes of crop formation of white cabbage. The best results in the experiment were obtained when Albit (0.4%) was used for pre-sowing seed treatment of the Aggressor F₁ and Kolobok F₁ hybrids, which led not only to increased photosynthetic activity, but also to increased yields.

Keywords: white cabbage, photosynthetic activity, leaf area, photosynthetic potential, net photosynthetic productivity
For citation: Mukhortov S.Ya. Features of photosynthetic activity in plants of various varieties of white cabbage when using growth regulators in the conditions of the forest-steppe of the Central Chernozem region of Russia. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2025;18(1):50-59. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_50-59.

Введение
 Фотосинтез является основным процессом жизнедеятельности зеленых растений, определяющим их рост и развитие; в то же время он подвержен влиянию и внешних, и внутренних факторов, оказывающих как благоприятное, так и неблагоприятное воздействие [2, 3, 4]. К негативным внешним факторам относятся дефицит или избыток влаги, тепла или элементов питания в почве, низкая концентрация CO₂ в воздухе, недостаток световой энергии, поступающей на фотосинтезирующую поверхность растений, а также возможные повреждения растений биотического и абиотического типа. К внутренним факторам, влияющим на процесс фотосинтеза, относятся такие, как количество хлорофилла в единице объема листа, активность ферментативной системы, эффективность поступления питательных веществ в растения, интенсивность функционирования фотосинтетического аппарата, корневой системы, особенности функционирования растений в определенные фазы их развития [5, 6, 8].

В Центрально-Черноземном регионе России капуста белокочанная занимает первое место по распространению среди овощных культур, в связи с чем постоянно совершенствуется технология выращивания этой культуры в направлении получения более высокой урожайности и более качественной продукции. Одним из направлений, позволяющих при небольших затратах получать весьма значительный положительный отклик, является применение регуляторов роста. Причем здесь важно выяснить механизм воздействия регуляторов роста на растения. Одним из комплексных показателей, дающих понимание функционирования растений в тех или иных условиях, являются параметры, характеризующие эффективность фотосинтеза [9, 10, 11, 12]. Поэтому здесь важны и реакция разных сортов на различные регуляторы роста, и реакция этих сортов на погодные условия выращивания [13, 14].

Капуста белокочанная обладает значительным адаптивным потенциалом. Это культура, которая формирует сравнительно высокие урожаи кочанов в разнообразных условиях.

Целью представленных исследований было выявление особенностей и закономерностей фотосинтеза у растений капусты белокочанной различных сортов и гибридов при применении регуляторов роста в условиях Центрально-Черноземного региона России.

Полевые опыты проведены на участке кафедры плодоводства и овощеводства Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I.

Почва участка – чернозем выщелоченный среднесуглинистый, который характеризуется следующими показателями (для слоя почвы 0–30 см): содержание гумуса – 4,07–4,42%, содержание азота – 0,23–0,24%, фосфора – 70–78 мг/кг, калия – 102–120 мг/кг, гидролизуемого азота – 5,46–7,93 мг на 100 г почвы, сумма поглощенных оснований – 27,2–28,2 мг-экв/100г, гидролитическая кислотность – 4,0–4,1 мг-экв/100г, реакция почвенного раствора нейтральная, объемная масса – 1,03–1,13 г/см³, скважность почвы – 55–60%, влажность устойчивого завядания – 10,3–11,8%, наименьшая влагоемкость – 25,9–29,3%.

Предшественником капусты белокочанной в севообороте была вико-овсяная смесь на зеленый корм. Агротехника в опыте – принятая для посевов капусты белокочанной в Центрально-Черноземном регионе России.

Объектом исследований служили 7 сортообразцов капусты белокочанной: сорт Вьюга и гибриды Колобок F₁, Агрессор F₁, Атрия F₁, Зенон F₁, Килатон F₁, Галакси F₁, внесенные в Государственный реестр селекционных достижений, зарегистрированных в Российской Федерации и допущенных к использованию на территории ЦЧР. Все они относятся к группе позднеспелых, что значительно расширяет спектр использования их в качестве продуктов питания.

Способ выращивания – рассадный, возраст рассады – 30 дней. Схема размещения растений в поле – 70 × 50 см. Уборка осуществлялась поделочно с учетом массы кочанов и листьев розетки.

Семена обрабатывали перед посевом, замачивая их в соответствующих растворах регуляторов роста (1% раствор альбита, 0,5% раствор циркона, 0,2% раствор крезацина), расходуя на 1 кг семян 1 л раствора (или чистой воды в случае контрольного варианта).

Повторность опыта – трехкратная, размещение делянок – рендомизированное. Площадь учетной делянки – 10 м².

Определение площади листьев капусты белокочанной проводили в три срока (середина июня, июля, августа).

Сопутствующие наблюдения и учеты проводили по методикам, принятым в овощеводстве [7].

Полученные данные обработаны статистически с применением методов дисперсионного, регрессионного и корреляционного анализов.

Результаты и их обсуждение

Урожайность капусты белокочанной определяется как геномом сорта или гибрида, так и условиями, под действием которых формируется листовая поверхность растений. В процессе учета площади листовой поверхности растений капусты белокочанной выявлены особенности формирования листьев в конкретных условиях выращивания (рис. 1).

Применение регуляторов роста обусловило увеличение площади листовой поверхности растений капусты, начиная с первого учета. В середине июня максимальная площадь листьев (1,82 м²/м²) отмечена у гибрида Атрия F₁, превышение над другими гибридами составило 0,43–0,80 м²/м². При проведении 1-го учета сортообразцы объединили в три группы: первая – гибрид Атрия F₁, вторая – сорт Вьюга и гибриды Агрессор F₁ и Килатон F₁ (площадь листьев – 1,23–1,39 м²/м²), третья – гибриды Колобок F₁, Галакси F₁ и Зенон F₁ (площадь листьев – 1,02–1,09 м²/м²).

При проведении второго учета (середина июля) отмеченное ранее соотношение в формировании листовой поверхности растений капусты белокочанной по группам сохранилось. Так, максимальная площадь листьев была у гибрида Атрия F₁ (2,72 м²/м²), составы второй и третьей групп остались неизменными, но разница по площади листьев между группами изменилась: разница со второй группой увеличилась до 0,64–0,69 м²/м², а с третьей – до 1,09–1,18 м²/м².

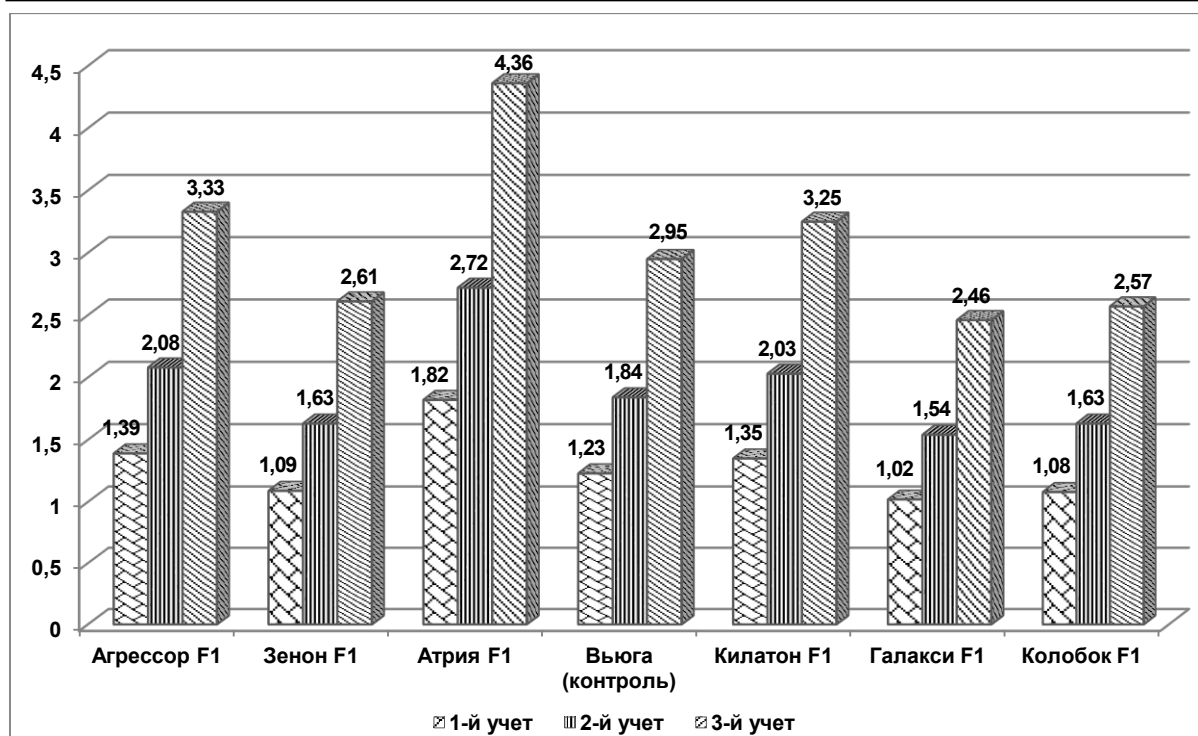


Рис. 1. Динамика площади листовой поверхности сортобразцов капусты белокочанной в среднем за 2021–2023 гг., м²/м²

Во время проведения третьего учета (середина августа) отмечен существенный прирост площади листьев у гибрида первой группы (Атрия F₁ – +1,64 м²/м²) и несколько меньший прирост у растений второй и третьей групп – соответственно 1,11–1,25 и 0,92–0,98 м²/м² (рис. 2).

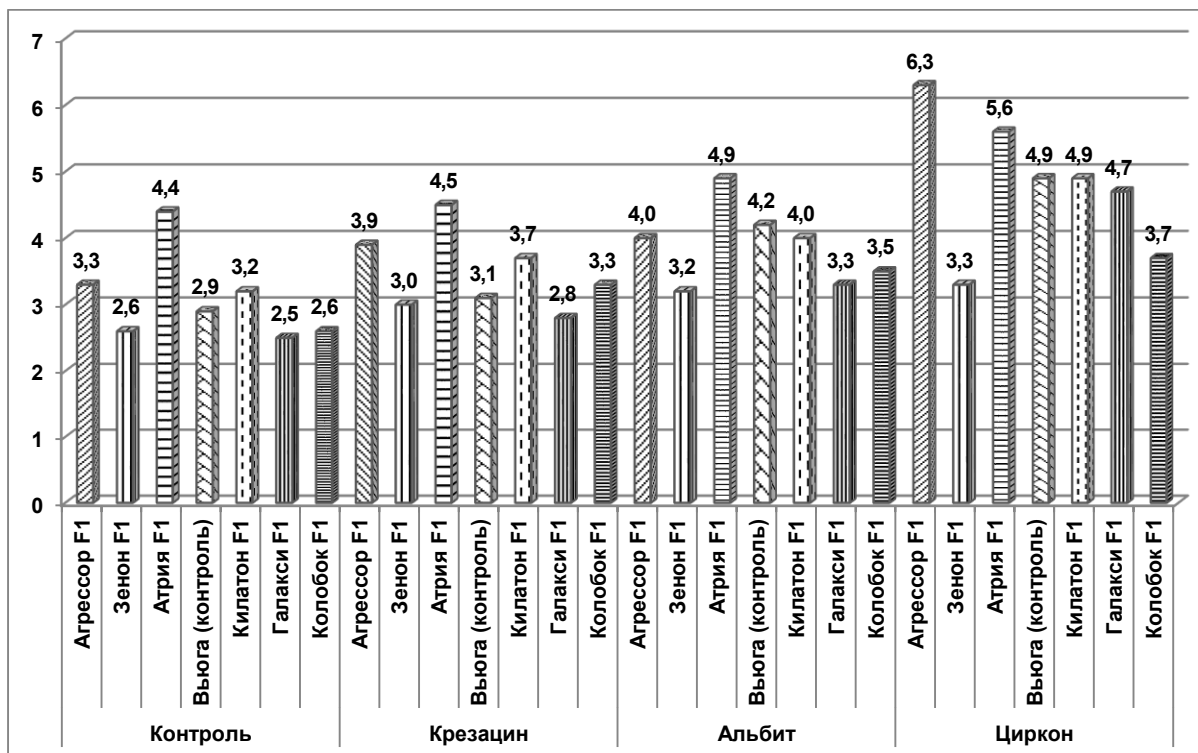


Рис. 2. Площадь листовой поверхности сортобразцов капусты белокочанной при применении регуляторов роста, третий учет, в среднем за 2021–2023 гг., м²/м²

Из данных рисунка 2 видно, что использование всех изучаемых регуляторов роста в опыте давало положительный эффект. Так, применение крезацина обусловило прирост площади листовой поверхности на $0,14\text{--}0,76\text{ м}^2/\text{м}^2$, альбита – на $0,25\text{--}0,92\text{ м}^2/\text{м}^2$, циркона – на $0,72\text{--}2,93\text{ м}^2/\text{м}^2$.

Следует отметить, что реакция сортов образцов капусты белокочанной была различной, но только в смысле силы отклика. Наименьший отклик отмечен при применении крезацина и альбита у сорта Вьюга (прибавка составила соответственно $0,14$ и $0,25\text{ м}^2/\text{м}^2$), циркона – у гибрида Зенон F₁ (прибавка – $0,72\text{ м}^2/\text{м}^2$).

Высокие урожаи овощных культур определяются не только быстрым формированием работоспособной площади листьев, но продолжительностью ее функционирования с наибольшей отдачей. Характеризуют эти процессы у овощных культур показатели фотосинтетического потенциала и чистой продуктивности фотосинтеза.

Фотосинтетический потенциал – это показатель, который определяется как сумма ежедневных характеристик площади листовой поверхности за весь вегетационный период. У исследуемых сорта и гибридов капусты белокочанной фотосинтетический потенциал в значительной степени зависел как от величины площади листовой поверхности растений, так и от применяемых регуляторов роста (рис. 3).

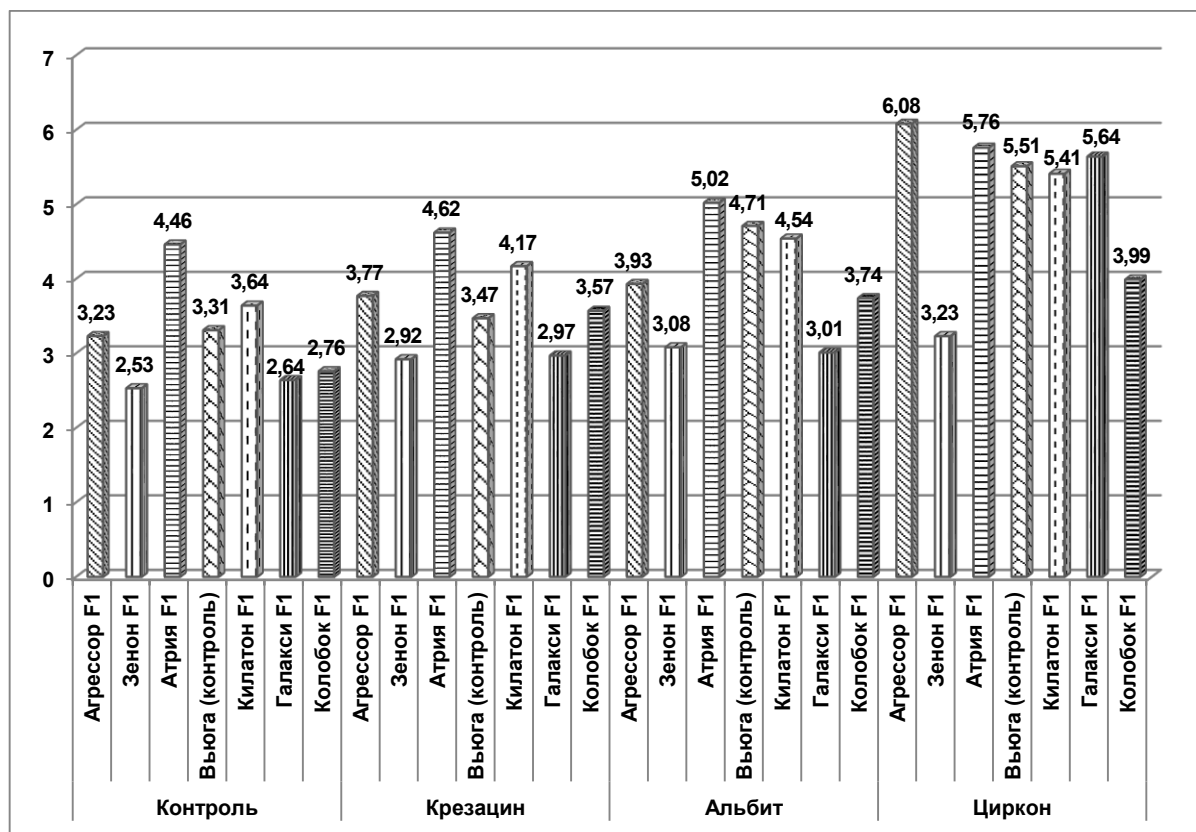


Рис. 3. Фотосинтетический потенциал за вегетационный период сортов образцов капусты белокочанной при применении регуляторов роста, тыс. м² × сут./га

Использование регуляторов роста определяло прирост фотосинтетического потенциала у растений капусты белокочанной, причем в разной степени эта закономерность проявилась по всем сортам образцам. Положительный эффект был различным и зависел от вида регулятора роста: если применение крезацина давало прибавку фотосинтетического потенциала в размере $0,16\text{--}0,81$ тыс. м² × сут./га, то применение альбита и циркона – соответственно $0,55\text{--}1,40$ и $0,70\text{--}2,85$ тыс. м² × сут./га.

Следует отметить, что реакция разных образцов была неоднозначной. Так, максимальный эффект от применения крезацина был отмечен при обработке семян капусты белокочанной гибрида Колобок F₁ – увеличение в сравнении с контролем составило 0,81 тыс. м²×сут./га, немного меньшим эффект был у гибридов Килатон F₁ и Агрессор F₁ – 0,53–0,54 тыс. м²×сут./га. Минимальный положительный эффект был отмечен при применении крезацина для обработки семян гибрида Атрия F₁ и сорта Вьюга – 0,16 тыс. м²×сут./га.

Применение альбита обусловило существенное увеличение фотосинтетического потенциала, причем самые высокие показатели отмечены при обработке семян капусты белокочанной сорта Вьюга (1,4 тыс. м²×сут./га), далее в убывающем порядке идут варианты гибридов Килатон F₁, Колобок F₁ и Галакси F₁ – соответственно 0,90, 0,98 и 0,37 тыс. м²×сут./га.

Максимальный эффект от применения регуляторов роста получен на вариантах обработки семян капусты белокочанной цирконом: самые высокие показатели повышения фотосинтетического потенциала отмечены на вариантах гибридов Агрессор F₁ и Галакси F₁ (соответственно +2,85 и +3,0 тыс. м²×сут./га), далее в убывающем порядке идут варианты сорта Вьюга (+2,2 тыс. м²×сут./га) и гибрида Атрия F₁ (+1,3 тыс. м²×сут./га).

Чистая продуктивность посевов капусты белокочанной также изменяется (как и другие показатели фотосинтетической деятельности посева) как в зависимости от генома фитогеноза, так и от применения регуляторов роста (рис. 4).

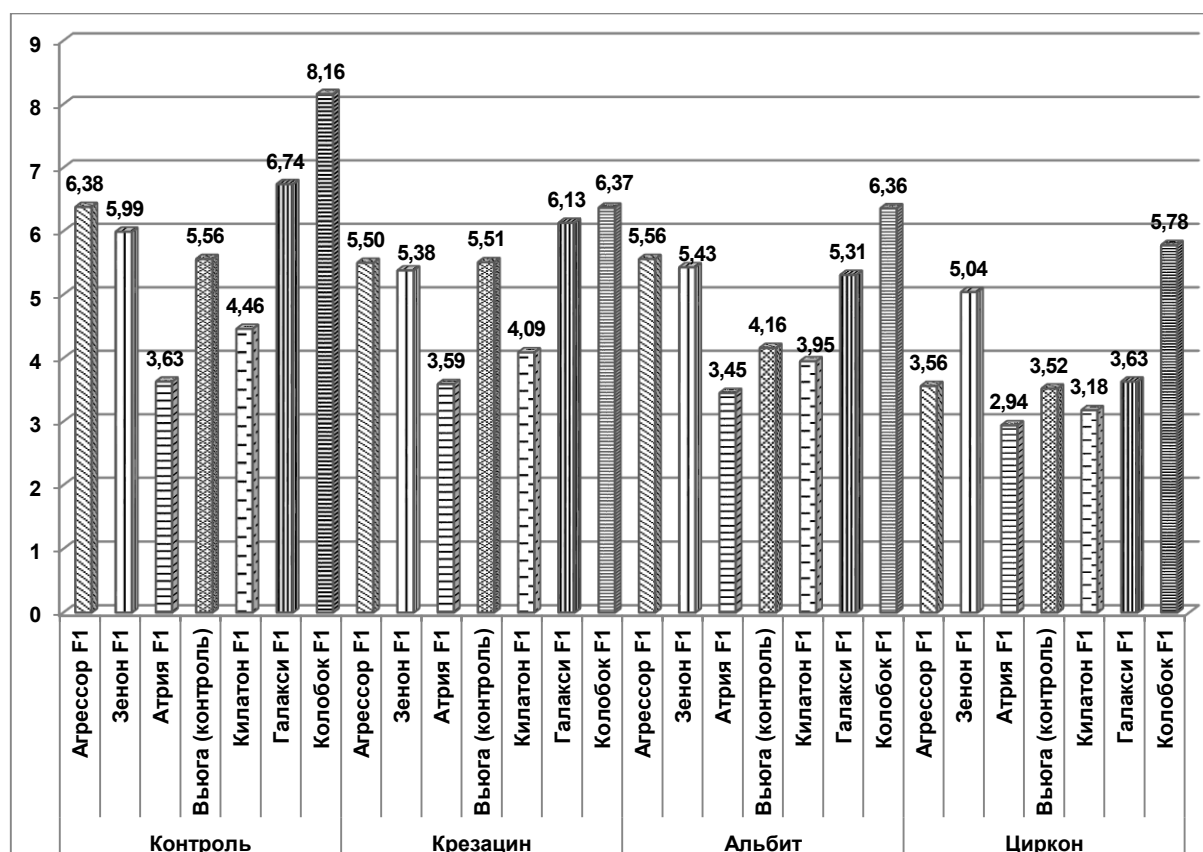


Рис. 4. Чистая продуктивность фотосинтеза за вегетационный период сортов образцов капусты белокочанной при применении регуляторов роста, г/м²×сут.

Сравнивая гибриды капусты белокочанной с контрольным вариантом, можно отметить, что наиболее эффективным было формирование чистой продуктивности фотосинтеза у растений гибрида Колобок F₁ – прибавка составила 2,60 г/м²×сут., а у рас-

тений гибридов Атрия F₁ и Килатон F₁ значения были меньше контрольного сорта – соответственно на 1,93 и 1,10 г/м²×сут. Использование всех регуляторов роста обусловило снижение данного показателя на всех вариантах. Приведенные значения говорят о том, что формирование чистой продуктивности фотосинтеза в агроценозах капусты белокочанной не носит полностью системного характера. То есть при существенном положительном воздействии на синтетические процессы формирования листовой поверхности растений происходит определенный сбой в утилитарных процессах синтеза органического вещества капусты белокочанной.

Чистая продуктивность фотосинтеза у растений капусты под воздействием разных регуляторов роста изменялась как в зависимости от сорта или гибрида, так и от вида использованного регулятора роста. Если брать в целом, то крезацин оказал меньшее отрицательное воздействие на изучаемые агроценозы по сравнению с альбитом и тем более цирконом – в среднем отмечено снижение чистой продуктивности фотосинтеза соответственно на 0,88, 0,96 и 1,84 г/м²×сут. Минимальное уменьшение показателей чистой продуктивности фотосинтеза было отмечено при обработке изучаемыми регуляторами роста семян гибрида Атрия F₁ – соответственно на 0,04, 0,18 и 0,69 г/м²×сут., а максимальное – гибрида Колобок F₁ – соответственно на 0,88, 0,96 и 1,84 г/м²×сут.

Следует отметить, что отрицательный эффект от использования регуляторов роста на капусте белокочанной, характеризующий динамикой чистой продуктивности фотосинтеза, компенсируется активизацией общего синтеза органического вещества в агроценозе, что подтверждают данные существенного превышения площади листовой поверхности и урожайности в опытных вариантах по сравнению с контрольными, приведенные на рисунках 1–5.

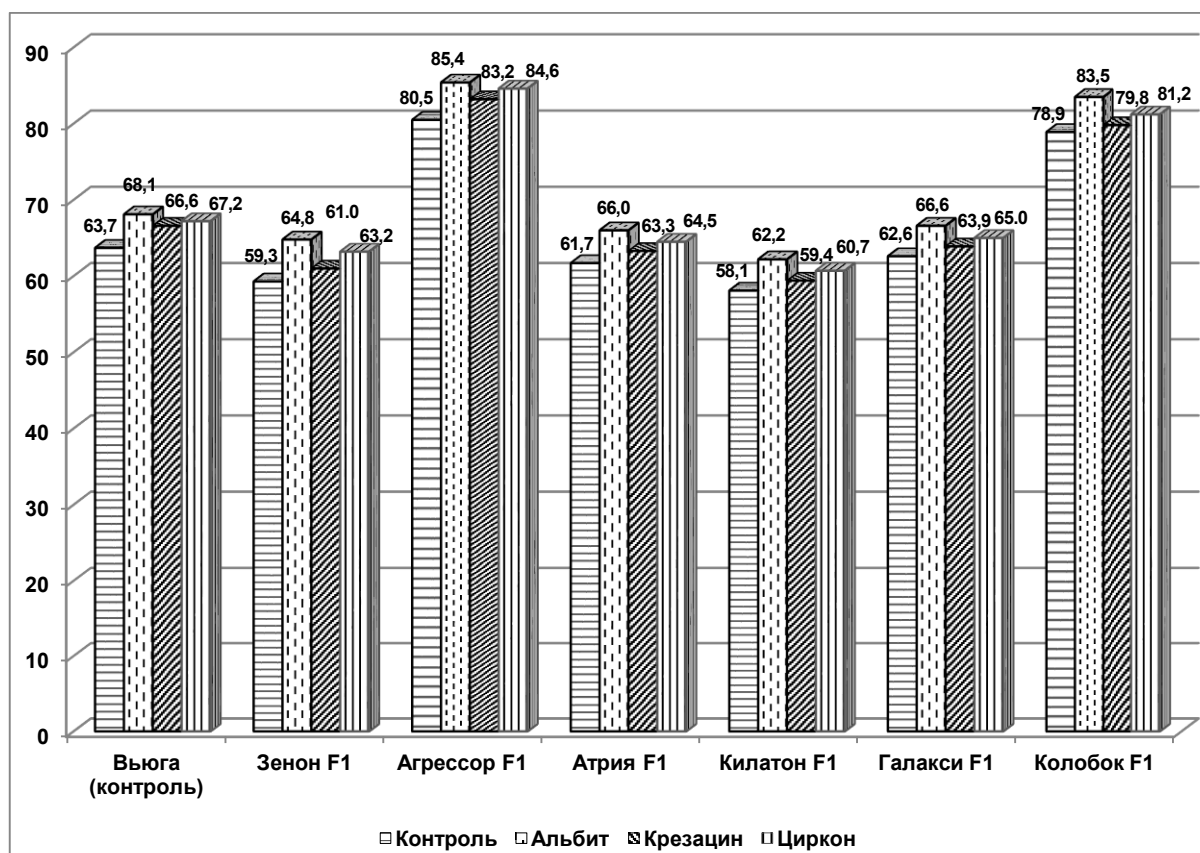


Рис. 5. Урожайность сортообразцов капусты белокочанной при применении регуляторов роста в 2021–2023 гг., т/га

Как следует из данных рисунка 5, два гибрида капусты белокочанной – Агрессор F₁ и Колобок F₁ – показали достоверное превышение урожайности над контрольным сортом: прибавка составила соответственно 16,98 и 15,20 т/га при НСР₀₅ общ = 1,73 т/га и НСР₀₅ сорта = 1,57 т/га. У остальных гибридов урожайность была ниже контрольного сорта (на 1,1–5,6 т/га). При этом все регуляторы роста в опыте обусловили достоверное превышение урожайности контрольного варианта в рамках сорта или гибрида (при НСР₀₅ регуляторы = 1,13 т/га). Лучшим среди регуляторов по воздействию на агроценозы изучаемых сорта и гибридов был альбит, за исключением сорта Вьюга и гибрида Агрессор F₁, где разница между вариантами с альбитом и цирконом не была доказана.

Расчет удельной продуктивности посевов капусты белокочанной (рис. 6) показал ее снижение при применении регуляторов роста. Исключение составил гибрид Атрия F₁, у которого динамика этого показателя не выражена. Следует отметить, что применение циркона дает сравнительно резкое уменьшение удельной продуктивности капусты белокочанной, кроме гибрида Колобок F₁, у которого этот показатель был примерно одинаковым по всем регуляторам роста. Применение альбита обусловило некоторое снижение этого показателя, но разница с контролем была существенно меньше, чем по другим регуляторам роста.

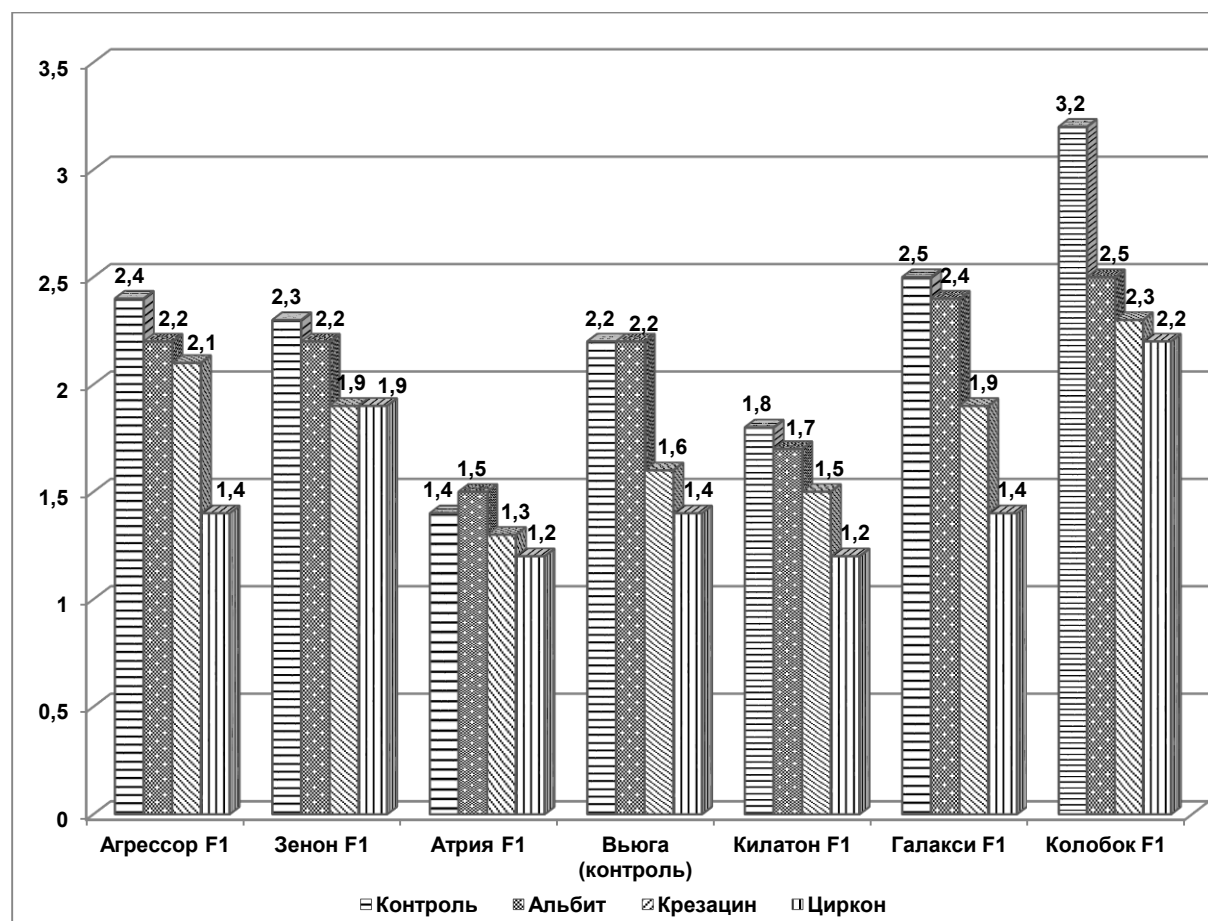


Рис. 6. Удельная продуктивность сортобразцов капусты белокочанной при применении регуляторов роста в 2021–2023 гг., кг/м²

Таким образом, динамика удельной продуктивности посевов капусты белокочанной показывает (вслед за динамикой чистой продуктивности посевов), что использование регуляторов роста на капусте белокочанной обуславливает некоторые нарушения формирования урожайности капусты белокочанной, которые при этом не имеют кардинального значения в достижении конечного результата.

Заключение

Исследования, проведенные в условиях лесостепной зоны Центрального Черноземья России, показали, что изучаемые сорт и гибриды белокочанной капусты имели сравнительно высокие показатели фотосинтетической деятельности, которые увеличиваются под действием применяемых регуляторов роста.

Лучшие показатели фотосинтетической деятельности и продуктивности капусты белокочанной были получены у растений гибридов Агрессор F₁ и Колобок F₁, площадь листовой поверхности которых к середине августа составила соответственно 3,33 и 2,57 м²/м², фотосинтетический потенциал за вегетационный период – 3,23 и 2,76 тыс. м²×сут./га, а урожайность – 80,5 и 78,9 т/га. Применение регуляторов роста обусловило увеличение этих показателей: площади листовой поверхности – до 6,3 и 3,7 м²/м², фотосинтетического потенциала – до 6,08 и 3,99 тыс. м²×сут./га, а урожайности – до 85,4 и 83,5 т/га.

Использование регуляторов роста снижало показатели чистой продуктивности фотосинтеза и удельной продуктивности посевов, но это кардинально не влияло на усиление процессов формирования урожая кочанов капусты белокочанной.

Лучшими в опыте были варианты, где для предпосевной обработки семян гибридов Агрессор F₁ и Колобок F₁ применяли альбит (0,4%), что обусловило не только усиление фотосинтетической деятельности, но и увеличение урожайности.

Список источников

1. Бондаренко А.Н., Костыренко О.В., Петров Е.Н. Эффективность использования современных ростостимулирующих препаратов при возделывании капусты белокочанной в аридной зоне Астраханской области // Аграрный научный журнал. 2021. № 10. С. 13–17. DOI: 10.28983/asj.y2021i10pp13-17.
2. Борисов В.А., Бебрис А.Р., Коломиец А.А. и др. Комплексное действие удобрений и регуляторов роста на урожайность и качество овощных культур // Картофель и овощи. 2022. № 8. С. 12–15. DOI: 10.25630/PAV.2022.77.86.001.
3. Гирфанова Ю.Р., Губейдуллина З.М., Ганиева Й.Н. Влияние стимуляторов роста на прорастание семян капусты белокочанной в условиях Ульяновской области // Актуальные проблемы агроинженерии и пути их решения: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию Белгородского ГАУ (Белгород, 19 ноября 2018 г.). Белгород: БелГАУ, 2018. С. 49–53.
4. Казахмедов Р.Э., Магомедова М.А. Перспективы применения физиологически активных соединений в виноградарстве и овощеводстве Республики Дагестан // Проблемы развития АПК региона. 2018. № 3(35). С. 30–35.
5. Ковалев Н., Широкова Е., Андрианова Л. Влияние современных удобрений и стимуляторов роста на урожайность овощных культур и некоторые биологические характеристики мелиорированных торфяных почв // Овощеводство и тепличное хозяйство. 2017. № 7. С. 25–30.
6. Константинович А.В., Курачева А.С., Бинкевич Е.Д. Совершенствование отдельных элементов технологии возделывания капусты белокочанной в условиях ЦРНЗ // Растениеводство и луговодство: сборник статей Всероссийской научной конференции с международным участием (Москва, 18–19 октября 2020 г.). Москва: ЭйПиСиПабблишинг, 2020. С. 655–659. DOI: 10.26897/978-5-9675-1762-4-2020-145.
7. Литвинков С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. Москва: ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства», 2011. 648 с.
8. Малхасян А.Б., Павлов И.Н. Влияние природных регуляторов роста на урожайность и качество белокочанной капусты // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 5(73). С. 116–119.
9. Мусаев М.Р., Магомедова А.А., Мусаева З.М. и др. Продуктивность сортов капусты белокочанной на фоне регуляторов роста в предгорной подпровинции Республики Дагестан // Проблемы развития АПК региона. 2019. № 2. С. 106–110.
10. Осипова В.В., Конощук Л.Я. Изучение влияния биопрепаратов на продуктивность капусты белокочанной (*Brassica oleracea*) в условиях криолитозоны // Вестник ИрГСХА. 2020. № 100. С. 44–51. DOI: 10.51215/1999-3765-2020-100-44-51.
11. Пронько Н.А., Шушков Ю.С., Пронько В.В. Влияние препаратов на основе гуминовых кислот на продуктивность капусты белокочанной в Саратовском Заволжье при орошении // Аграрный научный журнал. 2018. № 11. С. 21–24. DOI: 10.28983/asj.v0i11.628.
12. Тютюма Н.В., Бондаренко А.Н., Костыренко О.В. и др. Влияние ростостимулирующих препаратов на урожайность и качество сортов и гибридов капусты белокочанной // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2020. № 1(43). С. 25–29. DOI: 10.32935/2221-7312-2020-43-1-25-29.

13. Шаповал О.А., Можарова И.П. Ауксин и эффективность применения синтетических регуляторов роста класса ауксинов в период корнеобразования сельскохозяйственных и декоративных культур // Международный сельскохозяйственный журнал. 2021. № 6(384). С. 79–83. DOI: 10.24412/2587-6740-2021-6-79-83.
14. Шибзухов З.С., Шугушхов А.А. Эффективность применения регуляторов роста при возделывании капусты белокочанной // Овощеводство и тепличное хозяйство. 2018. № 4. С. 15–17.

References

1. Bondarenko A.N., Kostyrenko O.V., Petrov E.N. Efficiency of using modern growth-stimulating preparations in cultivating cabbage white in the Astrakhan region arid zone. *Agrarian Scientific Journal*. 2021;10:13-17. DOI: 10.28983/asj.y2021i10pp13-17. (In Russ.).
2. Borisov V.A., Bebris A.R., Kolomiets A.A. et al. The complex effect of fertilizers and growth regulators on the yield and quality of vegetable crops. *Potato and vegetables*. 2022;8:12-15. DOI: 10.25630/PAV.2022.77.86.001. (In Russ.).
3. Girfanova Yu.R., Gubeidullina Z.M., Ganieva Y.N. Effect of growth promoters on seed germination of white cabbage in the conditions of the Ulyanovsk region. In: Relevant problems of agroengineering and ways to solve them: Proceedings of the International Research-to-Practice Conference (Belgorod, November 19, 2018). Belgorod: Belgorod State Agrarian University; 2018:49-53. (In Russ.).
4. Kazahmedov R.E., Magomedova M.A. Prospects of application of physiologically active compounds in viticulture and vegetable growing of the Republic of Dagestan. *Development Problems of Regional Agro-Industrial Complex*. 2018;3(35):30-35. (In Russ.).
5. Kovalev N., Shirokova E., Andrianova L. The influence of modern fertilizers and growth stimulants on the yield of vegetable crops and some biological characteristics of reclaimed peat soils. *Vegetable growing and greenhouse farming*. 2017;7:25-30. (In Russ.).
6. Konstantinovich A.V., Kuracheva A.S., Binkevich E.D. Improvement of separate elements of the technology of cultivation of white cabbage in the conditions of the of the central region of the Non-Chernozem zone. In: Plant Growing and Meadow Cultivation: Proceedings of the All-Russian Research Conference with International Participation (Moscow, October 18-19, 2020). Moscow: APCPublishing; 2020: 655-659. DOI: 10.26897/978-5-9675-1762-4-2020-145. (In Russ.).
7. Litvinov S.S. Methodology of field experiment work in vegetable growing. Moscow: All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing Publishers; 2011. 648 p. (In Russ.).
8. Malkhasyan A.B., Pavlov I.N. Effect of natural growth regulators on white-head cabbage yields and quality. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2018;5:116-119. (In Russ.).
9. Musaev M.R., Magomedova A.A., Musaeva Z.M. et al. Productivity of varieties of white cabbage by the use of growth regulators in the piedmont subprovince of the Republic of Dagestan. *Development Problems of Regional Agro-Industrial Complex*. 2019;2:106-110. (In Russ.).
10. Osipova V.V., Konoschuk L.Ya. Study of the influence of biopreparations on the productivity of white cabbage (*Brassica oleracea*) in the conditions of cryolithozone. *Vestnik IrGSHA. East Siberian Journal of Biosciences*. 2020;100:44-51. DOI: 10.51215/1999-3765-2020-100-44-51. (In Russ.).
11. Pronko N.A., Shushkov Yu.S., Pronko V.V. The influence of humic acids based products on the productivity of white cabbage with irrigation. *Agrarian Scientific Journal*. 2018;11:21-24. DOI: 10.28983/asj.v0i11.628. (In Russ.).
12. Tyutyuma N.V., Bondarenko A.N., Kostyrenko O.V. et al. Influence of growth stimulants on yield and quality of white cabbage cultivars and hybrids. *Theoretical and applied problems of agro-industry*. 2020;1(43):25-29. DOI: 10.32935/2221-7312-2020-43-1-25-29. (In Russ.).
13. Shapoval O.A., Mozharova I.P. Auxin and the effectiveness of the use of synthetic growth regulators of the auxin class during the root formation of agricultural crops and ornamental crops. *International Agricultural Journal*. 2021;6(384):79-83. (In Russ.).
14. Shibzukhov Z.S., Shugushkhov A.A. The effectiveness of the use of growth regulators in the cultivation of white cabbage. *Vegetable growing and greenhouse farming*. 2018;4:15-17. (In Russ.).

Информация об авторе

С.Я. Мухортов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры плодоводства и овощеводства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», muhortovtomat@mail.ru.

Information about the author

S.Ya. Mukhortov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Fruit and Vegetable Growing, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, muhortovtomat@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 20.08.2024; одобрена после рецензирования 14.12.2024; принята к публикации 26.12.2024.

The article was submitted 20.08.2024; approved after reviewing 14.12.2024; accepted for publication 26.12.2024.

© Мухортов С.Я., 2025

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

Научная статья

УДК 629.3.027.2

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2025_1_60

EDN: LSUQPQ

**Оценка эффективности применения различных видов
рулевых приводов на тракторе Беларус-80.1**

**Александр Николаевич Беляев^{1✉}, Аркадий Васильевич Химченко²,
Алексей Максимович Мухин³, Татьяна Владимировна Тришина⁴**

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

¹ aifkm_belyaev@mail.ru, aifkm@agroeng.vsau.ru✉

Аннотация. Основным условием реализации правильного поворота транспортного средства является расположение мгновенного центра поворота всех колес на линии продолжения задней оси. Для выполнения этого требования должна соблюдаться вполне определенная закономерность, связывающая углы поворота наружного и внутреннего управляемых колес, что оказалось достаточно сложным для осуществления практически. Согласованный поворот управляемых колес большинства транспортных средств, с той или иной степенью точности, выполняет рулевой привод, в основу конструкции которого, как правило, положен или четырехзвенный, или шестизвенный шарнирно-рычажный механизм, именуемый в технике как неразрезная и разрезная рулевая трапеция. Выбор типа рулевой трапеции для системы рулевого управления колесного трактора определяется преимущественными видами работ, выполняемых им. Оценка эффективности использования различных рулевых приводов управляемых колес проведена сравнением кинематических характеристик правильного и фактического поворота трактора Беларус-80.1, полученных имитационным моделированием на платформе программного комплекса MATLAB в среде Simscape Simulink. Выявлено, что кинематика фактического поворота, реализуемого и разрезной, и неразрезной трапециями не вполне соответствует кинематике идеального поворота. Обе конструкции рулевых трапеций не обеспечивают благоприятные условия качения колес. Лишь при значении угла поворота внутреннего управляемого колеса α_B , составляющем примерно 22° , наблюдается полное совпадение кинематики правильного и фактического поворота, осуществляемого разрезной рулевой трапецией. Отклонения минимального радиуса $R_{\min}$ реального поворота, реализуемого разрезной и неразрезной рулевыми трапециями, от $R_{\min}$ идеального поворота лежат соответственно в пределах 1,22–20,00% и 17,79–35,79% в интервале изменения $\alpha_B = 5...40^\circ$. В целях обеспечения чистого качения колес при движении трактора Беларус-80.1 на повороте необходим более тщательный теоретический анализ геометрии применяемых механизмов рулевого привода.

Ключевые слова: колесная машина, трактор, управляемые колеса, рулевая трапеция, шарнирно-рычажный механизм, кинематика поворота

Для цитирования: Беляев А.Н., Химченко А.В., Мухин А.М., Тришина Т.В. Оценка эффективности применения различных видов рулевых приводов на тракторе Беларус-80.1 // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2025. Т. 18, № 1(84). С. 60–69. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_60–69.

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

Original article

**Assessment of feasibility of various types
of steering gears on the Belarus-80.1 tractor**

**Aleksandr N. Belyaev^{1✉}, Arkadiy V. Khimchenko²,
Alekshey M. Mukhin³, Tatyana V. Trishina⁴**

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

¹ aifkm_belyaev@mail.ru, aifkm@agroeng.vsau.ru✉

Abstract. The main condition for the correct rotation of the vehicle is the location of the instantaneous center of rotation of all wheels on the continuation line of the rear axle. To fulfill this requirement, a well-defined pattern must be observed connecting the angles of rotation of the external and internal steerable wheels, which turned

out to be quite difficult to implement. The coordinated rotation of the steerable wheels of most vehicles, with varying degrees of accuracy, is performed by a steering gear, the design of which is usually based on either four-link or six-link articulation linkage, referred to in engineering practice as continuous and divided steering linkage, respectively. Type selection of steering linkage for the steering system of a wheeled tractor is determined by the preferred types of performed operations. Assessment of feasibility of using various steerable wheel drives was carried out by comparing the kinematic characteristics of the correct and actual rotation of the Belarus-80.1 tractor, obtained by simulation modeling on the MATLAB software package platform in the Simscape Simulink environment. It is revealed that the kinematics of the actual rotation, realized by both continuous and divided steering linkage, does not fully correspond to the kinematics of the ideal rotation. Both steering linkage designs do not provide favorable rolling conditions for the wheels. Only when the angle of rotation of the inner steerable wheel (α_B) is set about 22° , there is a complete coincidence of the kinematics of the correct and actual rotation performed by the divided steering linkage. The deviations of the minimum radius of a real turn, realized by continuous and divided steering linkage, from the $R_{\min}$ of an ideal turn lie, respectively, within 1.22-20% and 17.79-35.79% in the range of $\alpha_B = 5-40^\circ$. In order to ensure pure rolling of the wheels when the Belarus-80.1 tractor is turning, a more thorough theoretical analysis of the geometry of the steering gear mechanisms used is necessary.

Keywords: wheeled vehicle, tractor, steerable wheels, steering linkage, articulation linkage, turning kinematics

For citation: Belyaev A.N., Khimchenko A.V., Mukhin A.M., Trishina T.V. Assessment of feasibility of various types of steering gears on the Belarus-80.1 tractor. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2025;18(1):60-69. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_60-69.

Введение
Система рулевого управления любого мобильного энергетического средства служит для передачи сигнала от водителя как управляющего звена к поворотным колесам, посредством которых изменяется направление движения машины. Рулевая система состоит из основных двух частей: рулевого механизма и механизма рулевого привода [4, 5].

Назначение рулевого механизма – преобразование вращения рулевого колеса в требуемое, вполне определенное, движение начального звена механизма рулевого привода – рулевой сошки, а также облегчение работы водителя за счет увеличения прикладываемого к рулевому колесу усилия [6, 9].

Рулевой привод предназначен для выполнения согласованного поворота управляемых колес машины. Так как при криволинейном движении внешнее и внутреннее колеса проходят разные пути, то для того, чтобы они перемещались по вполне определенным траекториям, которые являются концентрическими (эквидистантными) окружностями, например R_B и R_H (рис. 1), необходим их поворот относительно продольной оси транспортного средства на разные углы.

Методика исследования

Очевидно, что, например, при рассмотрении классического (традиционного), наиболее востребованного на практике способа поворота передними управляемыми колесами (схема представлена на рис. 1) внутреннее колесо (по отношению к центру поворота) должно поворачиваться на больший угол α_B в сравнении с углом поворота наружного колеса α_H . И очевидно то, что указанные углы поворота колес должны быть вполне определенными, согласованными друг с другом [3].

Для выполнения этого условия требуется, чтобы при одних и тех же углах поворота управляемых колес неизменно в одной и той же точке находился мгновенный центр поворота всех колес. Для схемы поворота передними колесами мгновенный центр поворота (точка О на рис. 1) всегда должен лежать на продолжении линии задней оси машины. В том случае, когда соблюдается отмеченное условие, машина способна совершать правильный (идеальный) поворот, при котором осуществляется чистое, без проскальзывания, качение всех колес [2].

На практике же оказалось, что выполнить взаимный согласованный поворот колес для реализации идеального поворота достаточно сложно.

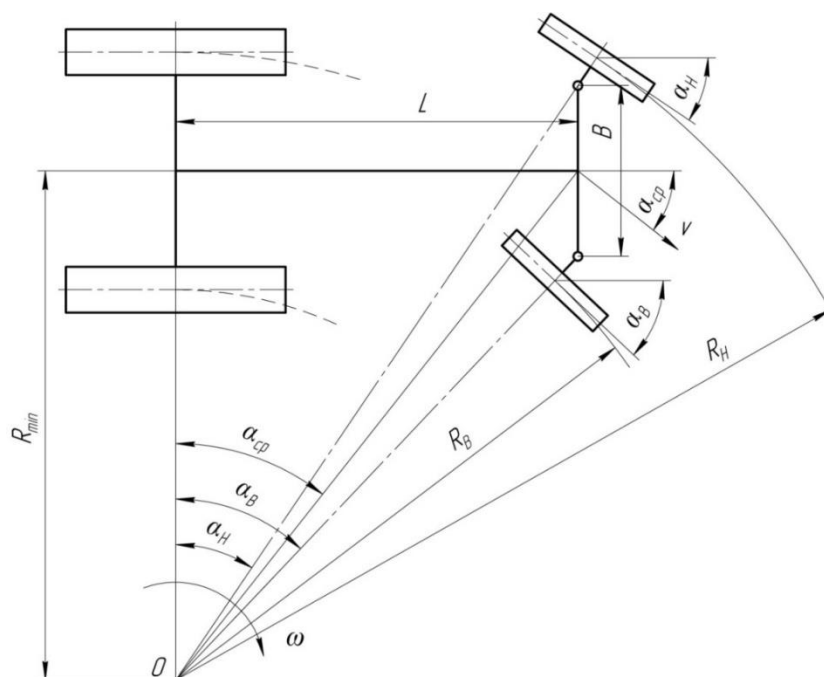


Рис. 1. Кинематическая схема правильного поворота колесной машины

В существующих современных колесных машинах для согласования углов поворота колес служит рулевой привод в виде шарнирно-рычажного механизма рулевой трапеции (или просто – рулевая трапеция).

Существует несколько типов рулевых трапеций, отличающихся друг от друга в зависимости от места расположения, конструктивного исполнения и др. [4, 5]. Например, на тракторе Беларус-80.1 мосты с управляемыми колесами снабжаются рулевой трапецией заднего расположения с неразрезной (рис. 2) или разрезной (рис. 3) поперечной рулевой тягой. В том случае, когда имеем разрезную поперечную тягу, трактор снабжен гидравлическим усилителем рулевого управления (ГУРУ). Когда поперечная рулевая тяга неразрезная – на тракторе смонтирована гидрообъемная система рулевого управления (ГОРУ) [7].

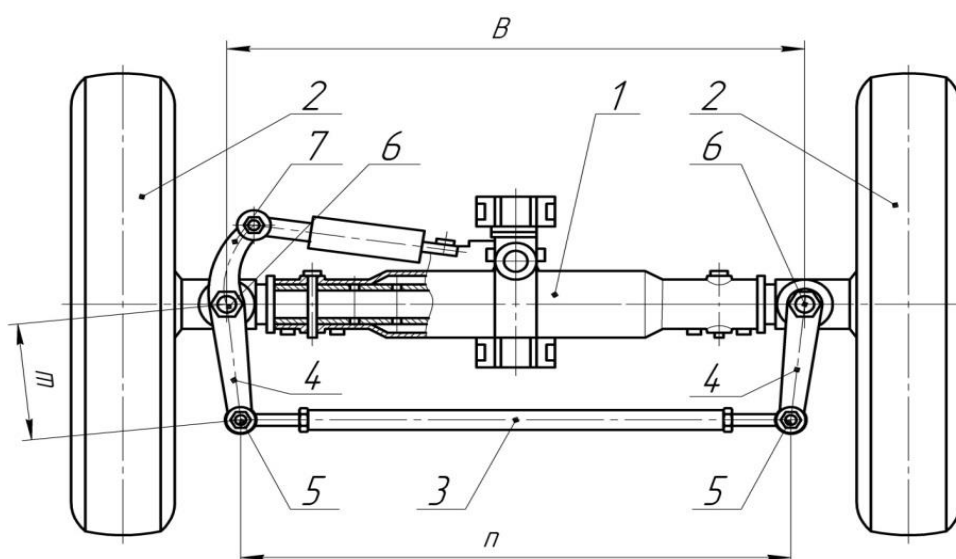
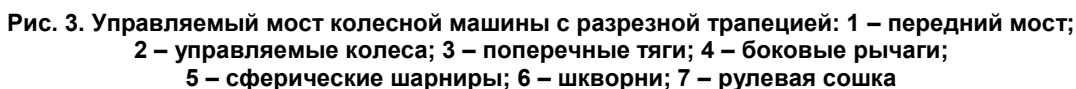
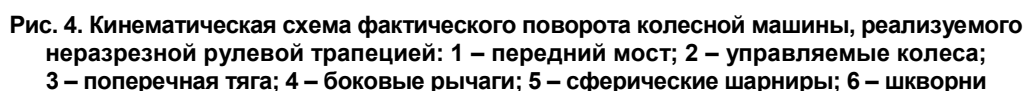


Рис. 2. Управляемый мост колесной машины с неразрезной рулевой трапецией:
1 – передний мост; 2 – управляемые колеса; 3 – поперечная тяга; 4 – боковые рычаги; 5 – сферические шарниры; 6 – шкворни; 7 – рулевая сошка



Однако, как видно из кинематических схем фактического поворота колесной машины, осуществляемого неразрезной (рис. 4) и разрезной (рис. 5) рулевой трапециями, их геометрия не позволяет повторить кинематику идеального поворота.



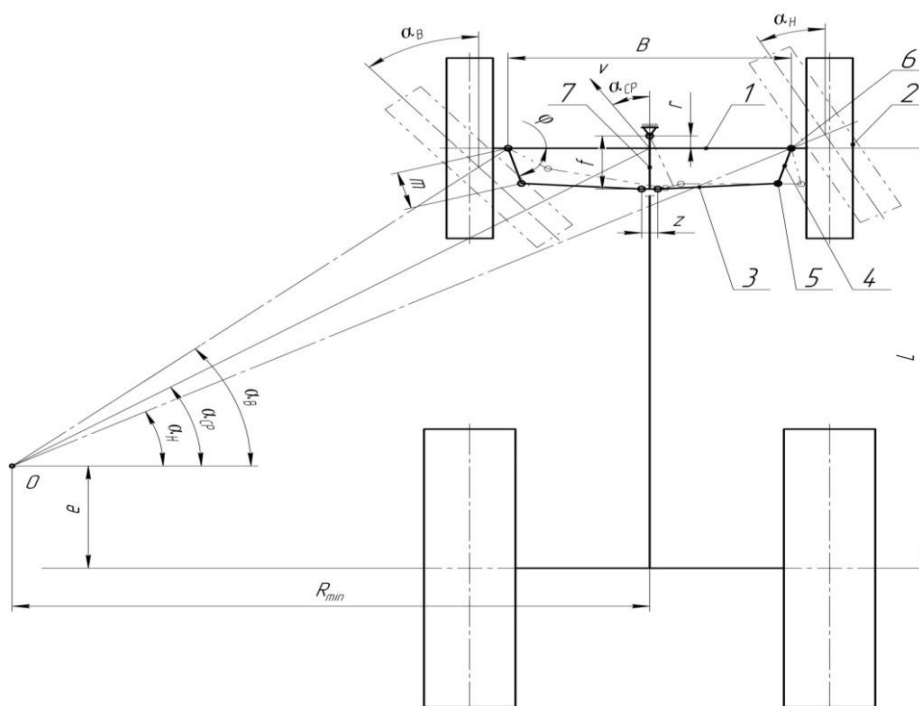


Рис. 5. Кинематическая схема фактического поворота колесной машины, реализуемого разрезной рулевой трапецией: 1 – передний мост; 2 – управляемые колеса; 3 – поперечные тяги; 4 – боковые рычаги; 5 – сферические шарниры; 6 – шкворни; 7 – рулевая сошка

Если не рассматривать боковую эластичность шин, мгновенный центр поворота O может находиться или внутри колесной базы, или вне нее, и лишь при каком-либо одном из углов поворота колес – оказаться на продолжении задней оси транспортного средства. Если точка O находится внутри колесной базы, то радиус поворота уменьшается, если вне – увеличивается в сравнении с правильным поворотом. Несмотря на то что в первом случае имеем машину с очевидно лучшей маневренностью, оба варианта вызывают нежелательные последствия, связанные с кинематическим рассогласованием при криволинейном движении колес, приводящим к нарушению условия чистого качения, их скольжению и, как следствие, увеличению нагрузок на ее детали и узлы, уплотнению и распылению почвы из-за возникновения экскавационно-бульдозерного эффекта при взаимодействии поворотных колес с опорной поверхностью.

В соответствии с вышеизложенным целью представленной работы является оценка эффективности использования различных видов рулевых приводов на тракторе Беларус-80.1 методом сравнения кинематических характеристик выполняемого им поворота.

Конструкцию управляемого моста, включающего рулевую трапецию с неразрезной поперечной тягой, составляют следующие основные узлы, детали и элементы: передний мост 1, управляемые колеса 2, поперечная тяга 3, поворотные боковые рычаги 4, сферические шарниры 5 для крепления поперечной тяги, шкворни 6 боковых рычагов, рулевая сошка 7, выполненная как одно звено с левым боковым рычагом (рис. 2).

Управляемый мост с рулевой трапецией с разрезной поперечной тягой дополнительно оснащается центральной рулевой сошкой 7 и вместо одной (рис. 2) – двумя поперечными тягами 3 (рис. 3). Именно по этим причинам трапеции получили для краткости названия неразрезная (рис. 2) и разрезная (рис. 3).

Таким образом, основу структуры рулевой трапеции с неразрезной поперечной тягой составляет четырехзвенный шарнирно-рычажный механизм, а с разрезной – шестизвенный шарнирно-рычажный механизм [1].

Результаты и их обсуждение

Для достижения поставленной цели рассмотрены кинематические характеристики чистого поворота и поворотов, выполняемых четырехзвенной и шестизвенной рулевой трапецией при прочих возможных равных условиях. На платформе программного комплекса MATLAB в среде Simscape Simulink выполнено имитационное моделирование процессов правильного и фактического поворота трактора Беларусь-80.1 [10].

В таблицах 1–3 приведены значения полученных в результате моделирования основных кинематических параметров правильного поворота (табл. 1) и фактических поворотов, осуществляемых посредством неразрезной (табл. 2) и разрезной (табл. 3) трапеций, при следующих исходных характеристиках трактора Беларусь-80.1 (рис. 2 и 3) [7]:

- продольная база $L = 2370$ мм;
- межшкворневая колея $B = 1220$ мм (выбрана для исследования из тех соображений, что на тракторе Беларусь-80.1 расстояние между вертикальными осями шкворней изменяется дискретно от 1020 до 1420 мм с шагом 100 мм, то есть среднее ее значение);
- длина бокового рычага $m = 206,6$ мм;
- угол наклона бокового рычага к продольной оси трактора $\varphi = 73,83^\circ$;
- отношение длины бокового рычага к длине поперечной тяги $m/n = 0,228$ (для разрезной трапеции за n принимаем условную длину – расстояние между шарнирами крепления поперечных тяг к боковым рычагам);
- длина рулевой сошки неразрезной трапеции $r = 300$ мм;
- вылет рулевой сошки неразрезной трапеции относительно оси переднего моста $f = 70$ мм;
- расстояние между центрами отверстий для крепления поперечных тяг к рулевой сошке неразрезной трапеции $z = 70$ мм.

Таблица 1. Кинематические параметры правильного поворота

№ п/п	α_v , град	α_n , град	R_{min} , м
1	1	0,991	136,387
2	5	4,786	27,699
3	10	9,183	14,05091
4	15	13,2501	9,455
5	20	17,0423	7,122
6	25	20,608	5,693
7	30	23,993	4,715
8	35	27,234	3,995
9	40	30,369	3,435

Таблица 2. Кинематические параметры поворота, осуществляемого неразрезной рулевой трапецией

№ п/п	α_v , град	α_n , град	R_{min} , м	e , м
1	1	0,994	218,9098	1,4404
2	5	4,864	43,892	1,417
3	10	9,463	21,681	1,345
4	15	13,8019	14,0556	1,233
5	20	17,875	10,10061	1,0843
6	25	21,669	7,6356	0,9062
7	30	25,161	5,936	0,7047
8	35	28,325	4,689	0,486
9	40	31,124	3,741	0,257

Таблица 3. Кинематические параметры поворота, осуществляемого разрезной рулевой трапецией

№ п/п	α_B , град	α_n , град	$R_{\min}$, м	e , м
1	1	0,992	153,656	0,3014
2	5	4,8075	30,934	0,283
3	10	9,249	15,346	0,228
4	15	13,339	9,989	0,143
5	20	17,0762	7,2098	0,0321
6	25	20,448	5,478	-0,100079
7	30	23,434	4,284	-0,249
8	35	26,001075	3,4109	-0,4088
9	40	28,112	2,748	-0,576

В сравнении с правильным поворотом, трактор Беларус-80.1, оснащенный неразрезной рулевой трапецией, выполняет поворот с гораздо большим радиусом, то есть обладает очень низкой маневренностью. Причем при меньших углах поворота колес расхождение минимальных радиусов поворота $R_{\min}$ выше. Так, например, при $\alpha_B = 10^\circ$ имеем увеличение на 7,83 м, или на 35,78%; при $\alpha_B = 20^\circ$ – на 3,324 м (31,82%); при $\alpha_B = 30^\circ$ – на 1,645 м (25,86%); при $\alpha_B = 40^\circ$ – на 0,733 м (17,59%) (рис. 6). Таким образом, при крутых поворотах маневренность повышается. При этом мгновенный центр поворота О (рис. 4) во всем диапазоне углов поворота колес лежит на расстоянии e за задней осью машины (рис. 7). Его максимальные значения получены при малых углах поворота колес, минимальные – при больших.

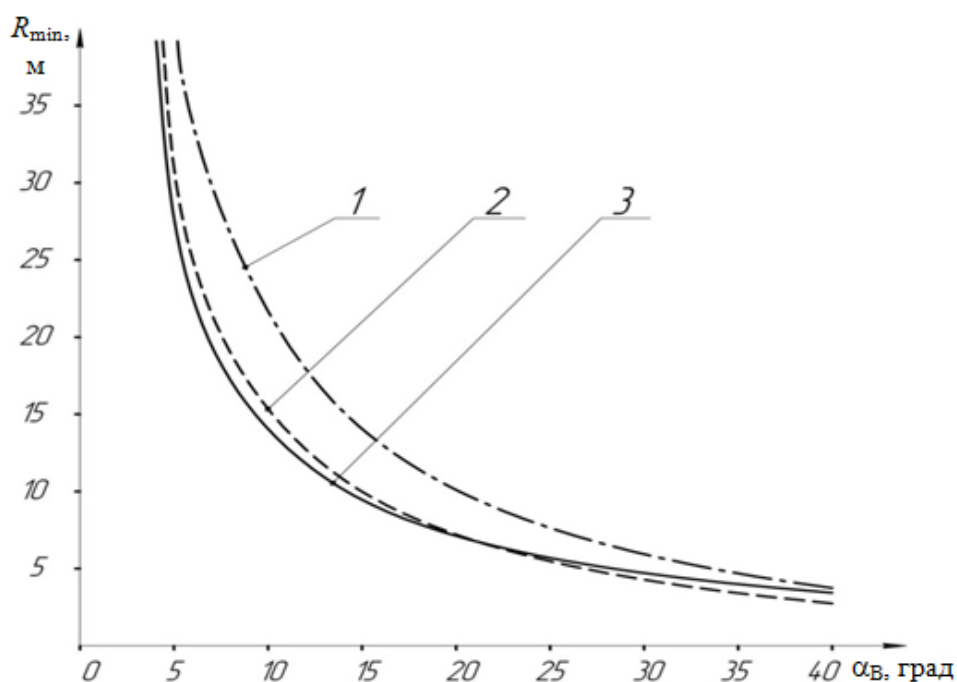


Рис. 6. Графики зависимостей минимального радиуса поворота трактора Беларус-80.1 от угла поворота внутреннего управляемого колеса: 1 – поворот, выполняемый трактором с неразрезной рулевой трапецией; 2 – поворот, выполняемый трактором с разрезной рулевой трапецией; 3 – правильный поворот трактора

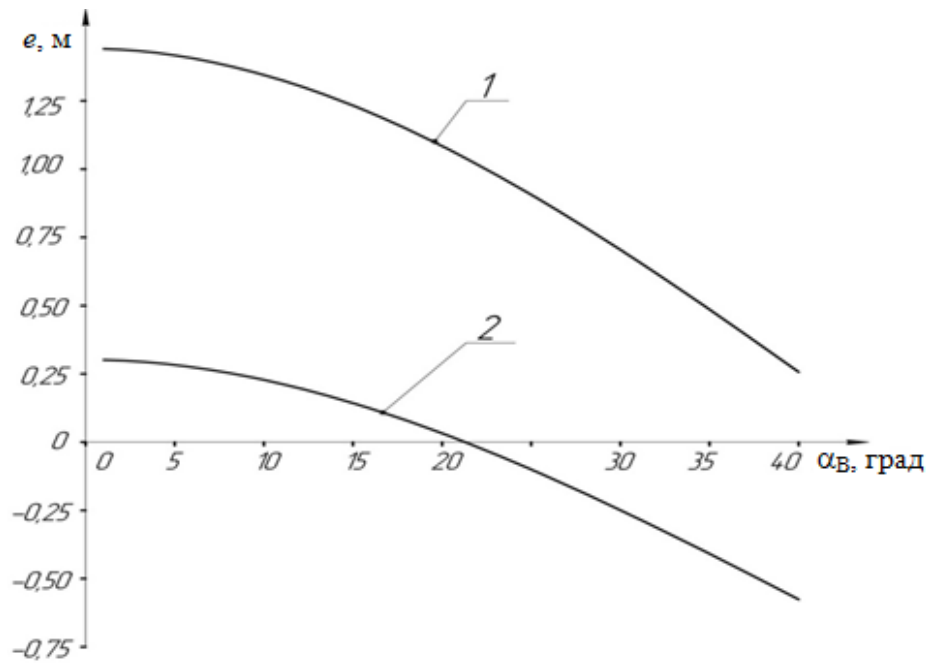


Рис. 7. Графики зависимостей отклонения мгновенного центра поворота трактора Беларус-80.1 от угла поворота внутреннего управляемого колеса: 1 – поворот, выполняемый трактором с неразрезной рулевой трапецией; 2 – поворот, выполняемый трактором с разрезной рулевой трапецией

Причина таких результатов лежит в расхождении угла поворота наружного колеса при идеальном повороте $\alpha_{нп}$ и тем же углом $\alpha_{нт}$ при повороте трактора, реализуемом неразрезной рулевой трапецией $\Delta\alpha_n = \alpha_{нп} - \alpha_{нт}$, которая, как оказалось, в изучаемом случае не совсем эффективно выполняет необходимые функции (рис. 8).

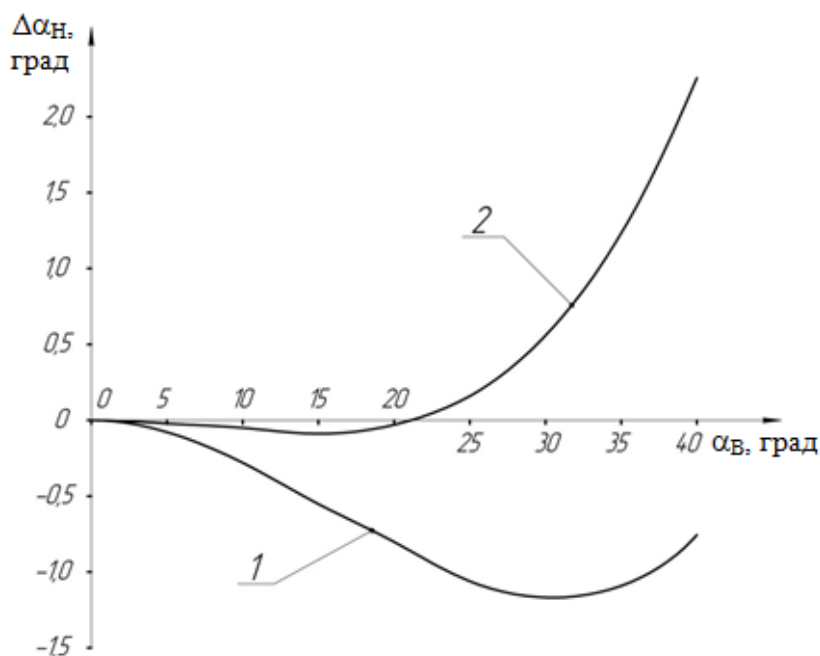


Рис. 8. Графики зависимостей разности между углами поворота наружного управляемого колеса, полученных при правильном повороте и повороте, реализуемом рулевой трапецией, от угла поворота внутреннего управляемого колеса трактора Беларус-80.1: 1 – поворот, выполняемый трактором с неразрезной рулевой трапецией; 2 – поворот, выполняемый трактором с разрезной рулевой трапецией

При оценке кинематики поворота трактора Беларус-80.1, осуществляемого разрезной рулевой трапецией, выявлено, что при углах поворота от $\alpha_B = 0^\circ$ до $\alpha_B \approx 22^\circ$ происходит увеличение $R_{\min}$ по отношению к правильному повороту:

- при $\alpha_B = 5^\circ$ – на 3,235 м (10,46%);
- при $\alpha_B = 10^\circ$ – на 1,27 м (8,29%);
- при $\alpha_B = 15^\circ$ – на 0,534 м (5,35%);
- при $\alpha_B = 20^\circ$ – на 0,0878 м (1,22%) (рис. 6).

В данном интервале углов поворота колес α_B мгновенный центр поворота располагается также, как и в случае с неразрезной трапецией, за задней осью машины (рис. 7). При значении α_B , составляющим примерно 22° , имеем практически полное совпадение кинематики правильного и рассматриваемого фактического поворота: $R_{\min}$ равны, а точка О лежит на линии продолжения задней оси.

При углах α_B свыше 22° и до максимального $\alpha_B = 40^\circ$ выявлено уменьшение $R_{\min}$ по отношению к правильному повороту:

- при $\alpha_B = 25^\circ$ – на 0,215 м (3,78%);
- при $\alpha_B = 30^\circ$ – на 0,431 м (9,15%);
- при $\alpha_B = 35^\circ$ – на 0,584 м (14,62%);
- при $\alpha_B = 40^\circ$ – на 0,687 м (20%) (рис. 6).

Точка О находится внутри колесной базы трактора (это положение зафиксировано на рис. 5), о чем свидетельствуют отрицательные значения расстояния e (табл. 3, рис. 7). При этом характер изменения величины e (рис. 7) полностью подтверждается зависимостью $\Delta\alpha_H = f(\alpha_B)$ (рис. 8).

Таким образом, трактор, осуществляющий поворот посредством разрезной рулевой трапеции, повторяет кинематику идеального поворота лишь при одном значении углов поворота управляемых колес.

Хотя в определенном диапазоне углов поворота управляемых колес трактор здесь показывает более высокие маневровые свойства, но также проявляется тенденция к проскальзыванию колес относительно опорного основания, уплотнению и распылению почвы из-за возникновения экскавационно-бульдозерного эффекта.

Следовательно, обе рассматриваемые в работе конструкции рулевых трапеций не дают оптимального результата в направлении обеспечения благоприятных условий качения колес и в целом нормального функционирования трактора при криволинейном движении. Очевидно, что с точки зрения получения более рациональной кинематики поворота трактора использование разрезной трапеции более эффективно, о чем можно судить по величинам минимального радиуса поворота и по отклонению мгновенного центра поворота от продолжения задней оси машины, – они меньше, причем при большинстве углов поворота колес – значительно, что говорит о лучшей маневренности трактора и более щадящих условиях качения его колес.

Выводы

1. Приведены конструктивные особенности четырехзвенного и шестизвенного шарнирно-рычажных механизмов рулевой трапеции трактора Беларус-80.1.
2. Выявлены основные критерии для оценки кинематики поворота колесной машины: минимальный радиус поворота $R_{\min}$ и положение мгновенного центра поворота.
3. Сравнением минимального радиуса поворота и отклонения мгновенного центра поворота от линии продолжения задней оси трактора Беларус-80.1 выявлено, что и неразрезная, и разрезная рулевые трапеции не позволяют выполнить поворот, соответствующий идеальному. С точки зрения наиболее благоприятных условий качения колес и лучшей маневренности наиболее предпочтительна рулевая трапеция с разрезной поперечной тягой.
4. В целях обеспечения чистого качения колес при движении трактора Беларус-80.1 на повороте необходим более тщательный теоретический анализ геометрии применяемых механизмов рулевого привода.

Список источников

1. Артоблевский И.И. Теория механизмов и машин. Москва: Наука, 1988. 640 с.
2. 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.
3. Беляев А.Н., Химченко А.В., Тришина Т.В. и др. Исследование кинематики поворота колесной машины с изменяемой колеёй // Тракторы и сельхозмашины. 2024. Т. 91, № 5. С. 542–552. DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-627756>.
4. 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.
5. Ксеневиц И.П., Гусков В.В., Бочаров Н.Ф. и др. Тракторы. Проектирование, конструирование и расчет. Москва: Машиностроение, 1991. 544 с.
6. Раймпель Й. Шасси автомобиля. Рулевое управление; пер. с нем. Москва: Машиностроение, 1987. 232 с.
7. 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: 18.06.2024).
8. Тракторы Беларусь МТЗ 80/82, 100/102. Руководство по ремонту и эксплуатации. Харьков: Трактормаш, 2001. 224 с.
9. Jazar Reza N. Vehicle Dynamics: Theory and Application. Switzerland: Springer Charm, 2008. 1167 p.
10. Simscape User's Guide. Math Works: Documentation R 2024a. TheMathWorks, Inc. 2024. URL: <https://manualmachine.com/mathworks/simscape3/10175871-user-guide/>.

References

1. Artobolevsky I.I. Theory of mechanisms and machines. Moscow: Nauka, 1988. 640 p. (In Russ.).
2. 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.).
3. 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: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-627756>. (In Russ.).
4. Grishkevich A.I., Lomako D.M., Avtushenko V.P. et al. Automobiles: design, engineering and calculation. Control systems and running gear: study guide. Minsk: Vyshayshaya shkola Publishers; 1987. 200 p. (In Russ.).
5. Ksenevich I.P., Guskov V.V., Bocharov N.F. et al. Tractors. Designing, engineering and calculation. Moscow: Mashinostroenie Publishers; 1991. 544 p. (In Russ.).
6. Reimpell J. Car Chassis. Steering Control (Fahrwerktechnik: Lenkung); translated from German. Moscow: Mashinostroenie Publishers; 1987. 232 p. (In Russ.).
7. Operation Manual. Tractor Belarus 80.1/82.1/82P. ООО «Minsk Tractor Works». URL: <https://mtz.ru/novosti/48-belarus-80-1-82-1-820-rukovodstvo-po-ekspluatatsii>. (In Russ.).
8. Tractors Belarus MTZ 80/82, 100/102. Repair and maintenance manual. Kharkiv: Traktormash Publishers; 2001. 224 p. (In Russ.).
9. Jazar Reza N. Vehicle Dynamics: Theory and Application. Switzerland: Springer Charm; 2008. 1167 p.
10. Simscape User's Guide. Math Works: Documentation R 2024a. TheMathWorks, Inc. 2024. URL: <https://manualmachine.com/mathworks/simscape3/10175871-user-guide/>.

Информация об авторах

А.Н. Беляев – доктор технических наук, доцент, зав. кафедрой прикладной механики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», aifkm_belyaev@mail.ru, aifkm@agroeng.vsau.ru.

А.В. Химченко – кандидат технических наук, доцент кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», himch.arkady@yandex.ru.

А.М. Мухин – старший лаборант кафедры прикладной механики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», alex.fly2002@mail.ru.

Т.В. Тришина – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной механики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», tata344@rambler.ru.

Information about the authors

A.N. Belyaev, Doctor of Engineering Sciences, Docent, Head of the Dept. of Applied Mechanics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, aifkm_belyaev@mail.ru, aifkm@agroeng.vsau.ru.

A.V. Khimchenko, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, himch.arkady@yandex.ru.

A.M. Mukhin, Senior Laboratory Assistant, the Dept. of Applied Mechanics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, alex.fly2002@mail.ru.

T.V. Trishina, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Applied Mechanics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, tata344@rambler.ru.

Статья поступила в редакцию 15.11.2024; одобрена после рецензирования 26.12.2024; принята к публикации 15.01.2025.

The article was submitted 15.11.2024; approved after reviewing 26.12.2024; accepted for publication 15.01.2025.

© Беляев А.Н., Химченко А.В., Мухин А.М., Тришина Т.В., 2025

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

Научная статья

УДК 631.171

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2025_1_70

EDN: LTMWNI

Обоснование параметров специального пути для перемещения робота в теплице

Владимир Викторович Васильев^{1✉}, Дмитрий Николаевич Афоничев²

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

¹ vasiliev.vladimir87@mail.ru✉

Аннотация. Предложена роботизированная теплица, характеризующаяся сниженной металлоемкостью и увеличенным продольным ходом робота. Снижение металлоемкости теплицы и обеспечение увеличенного продольного хода робота достигаются укладкой сверху рядов вертикальных опор двутавровых продольных балок таким образом, что их нижние полки располагаются на вертикальных опорах, а верхние полки, имеющие с нижней стороны зубчатые рейки, находятся на одном уровне, а также размещением на верхних полках двутавровых продольных балок на роликах опорных тележек, снабженных кронштейнами, к которым прикрепляются серводвигатели, имеющие зубчатые колеса, входящие в зацепление с зубчатыми рейками. Опорные тележки соединены между собой ограничителями и ходовым винтом, который приводится в движение серводвигателем. Робот включает в себя подвижную платформу, через которую проходят ограничители и ходовой винт. Предложена методика обоснования параметров специального пути для перемещения робота в теплице, где основными его элементами являются вертикальные опоры, двутавровые продольные балки, ограничители, ходовой винт. Расчет параметров вертикальных опор осуществляется по прочности на сжатие, а их размеры зависят от условий эксплуатации робота, продольной сжимающей силы, предельно допустимого напряжения при сжатии. Параметры двутавровых продольных балок регламентируются условием прочности при поперечном изгибе, где на выбор их размеров влияют осевой момент сопротивления, сила сосредоточения, предельно допустимое напряжение при изгибе, расстояние между роликами опорной тележки. Условие прочности при сложном сопротивлении по третьей теории прочности используется для обоснования параметров ходового винта. При этом на значения параметров ходового винта оказывают влияние установленное расстояние между стенками опорных тележек, предельно допустимое напряжение при изгибе, суммарный изгибающий момент, крутящий момент. Определение основных параметров пары ограничителей выполняется по условию прочности при поперечном изгибе.

Ключевые слова: роботизированная теплица, робот, специальный путь, вертикальная опора, продольная балка, ограничитель, ходовой винт

Для цитирования: Васильев В.В., Афоничев Д.Н. Обоснование параметров специального пути для перемещения робота в теплице // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2025. Т. 18, № 1(84). С. 70–83. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_70-83.

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

Original article

Substantiation of estimated parameters of robot's travel path in a greenhouse

Vladimir V. Vasiliev^{1✉}, Dmitry N. Afonichev²

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

¹ vasiliev.vladimir87@mail.ru✉

Abstract. The authors proposed a robotic greenhouse characterized by reduced metal consumption and increased robot's longitudinal travel. Reducing metal consumption of the greenhouse and ensuring an increased robot's longitudinal travel are achieved by stacking rows of vertical supports of I-beams on top so that their lower

shelves are located on vertical supports, and the upper shelves, having racks on the lower side, are on the same level, as well as placing I-beams on the upper shelves on the rollers of support sledges, equipped with brackets to which servomotors are attached, having gear wheels engaged with racks. The support sledges are interconnected by limiters and an actuating screw, which is driven by a servomotor. The robot includes a movable platform through which the limiters and the lead screw pass. A method is proposed for substantiating estimated parameters of robot's travel path in a greenhouse, where its main elements are vertical supports, I-beam longitudinal beams, limiters, and actuating screw. The parameters of vertical supports are calculated based on compressive strength, and their dimensions depend on the operating conditions of the robot, the longitudinal compressive force, and the maximum allowable compressive stress. The parameters of I-beam longitudinal beams are regulated by the condition of strength in transverse bending, where their dimensions selection is influenced by the axial moment of resistance, the force of concentration, the maximum allowable bending stress, and the distance between the rollers of the support sledges. The strength condition for integrated resistance according to the maximum-shear theory is used to substantiate lead screw parameters. In this case, the values of lead screw parameters are influenced by the set-up distance between the walls of the support sledges, the maximum allowable bending stress, the total bending moment, and the torque. The main parameters of a pair of limiters are determined according to strength condition at transverse bending.

Keywords: robotic greenhouse, robot, travel path, vertical support, longitudinal beam, limiter, lead screw

For citation: Vasiliev V.V., Afonichev D.N. Substantiation of estimated parameters of robot's travel path in a greenhouse. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2025;18(1):70-83. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_70-83.

Введение

Выращивание овощей и фруктов в открытом и защищенном грунте является в настоящее время ведущим направлением развития современного сельского хозяйства. Особое внимание уделяется выращиванию овощей и фруктов в защищенном грунте, так как во многих странах мира значительная часть выращенной продукции приходится на тепличные комплексы [14, 15, 16, 18]. Что касается Российской Федерации, то объемы выращивания овощей и фруктов в защищенном грунте на ее территории с каждым годом увеличиваются не только за счет совершенствования технологии выращивания сельскохозяйственной продукции, но и за счет строительства масштабных тепличных комплексов [5, 6, 8, 9].

Технологические процессы выращивания овощей и фруктов в защищенном грунте являются сложными, требуют привлечения повышенных трудовых и материальных ресурсов [5, 6, 8, 9]. Это связано с тем, что в действующих тепличных комплексах посев и уход за растениями, сбор урожая производятся ручным или механизированным способами. При этом автоматизация процессов, как правило, реализована в отношении полива растений, обогрева и контроля климата в теплицах. Для повышения эффективности функционирования теплиц комплексов требуется автоматизация полного цикла производства за счет точечного внедрения роботизированных комплексов.

С учетом опыта автоматизации технологических процессов выращивания овощей и фруктов в защищенном грунте [2, 15, 11, 17], который базируется на использовании роботов в качестве машин, выполняющих трудоемкие циклические работы, предложена теплица с роботом, имеющим увеличенный продольный ход (рис. 1 и 2).

Роботизированная теплица [3, 4, 11] содержит основание 1, где вдоль длинных сторон размещены ряды вертикальных, параллельных друг другу опор 2. Сверху рядов вертикальных опор 2 уложены двутавровые продольные балки 3, таким образом, что их нижние полки 4 располагаются на вертикальных опорах 2, а верхние полки 5, имеющие с нижней стороны зубчатые рейки 6, находятся на одном уровне. На верхних полках 5 двутавровых продольных балок 3 на роликах 7 устанавливаются опорные тележки 8, снабженные кронштейнами 9, к которым прикрепляются серводвигатели 10, имеющие зубчатые колеса 11, входящие в зацепление с зубчатыми рейками 6.

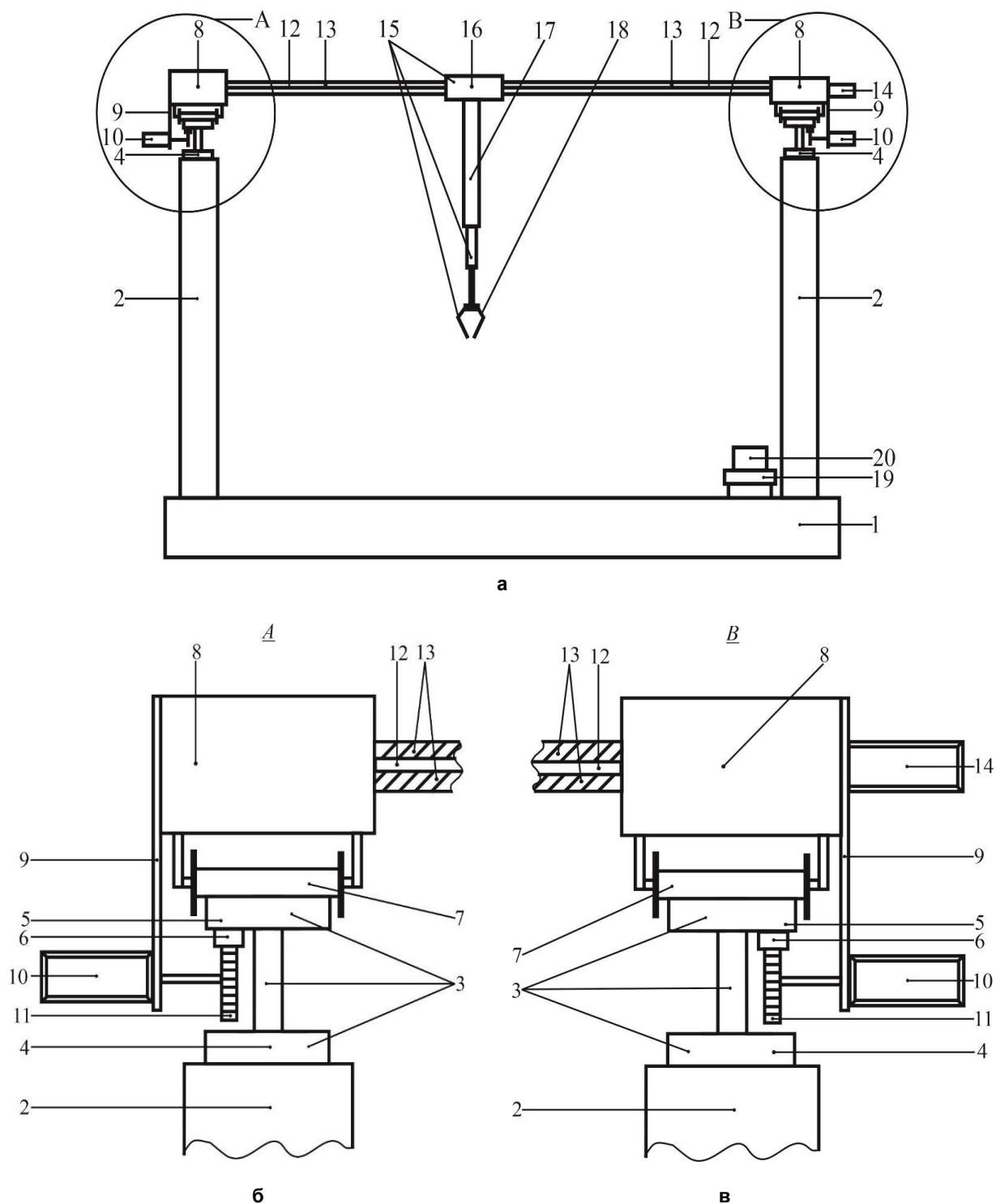


Рис. 1. Роботизированная теплица: а – вид спереди; б – узел А; в – узел В

Опорные тележки 8 соединены между собой ограничителями 12 и ходовым винтом 13, который приводится в движение серводвигателем 14. Робот 15 включает в себя подвижную платформу 16, через которую проходят ограничители 12 и ходовой винт 13. На подвижной платформе 16 в вертикальном положении закреплена электрическая телескопическая штанга 17, направленная вниз и имеющая на конце захватывающее устройство 18. На основании 1 теплицы со стороны одного ряда вертикальных опор 2 размещен транспортер 19 для подачи короба 20 к роботу 15.

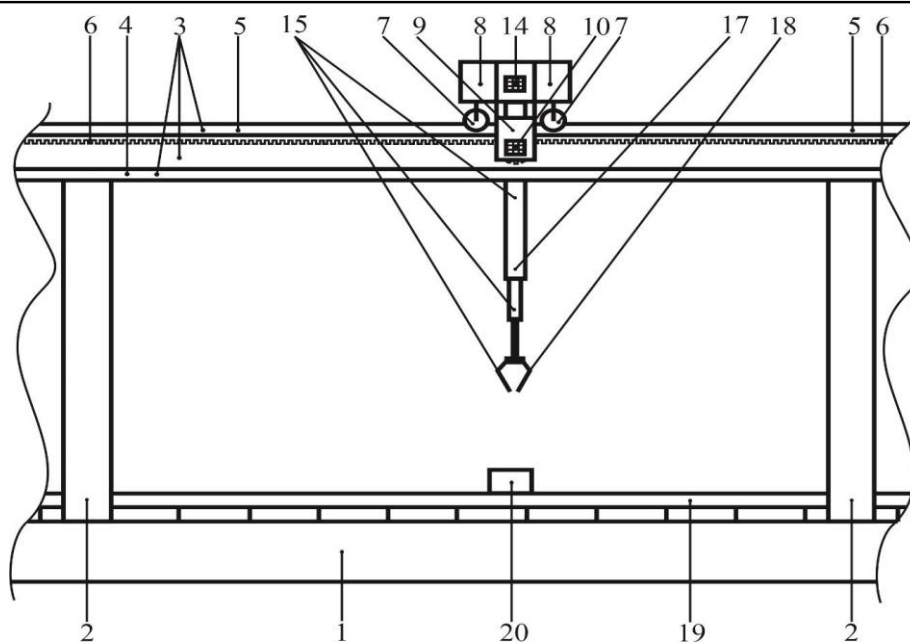


Рис. 2. Роботизированная теплица, вид сбоку

Проектирование тепличных комплексов и систем их жизнеобеспечения, примеры расчета фундаментов, несущего каркаса и покрытия теплицы подробно изложены в работах [5, 8, 9, 13, 15, 18], но при этом отсутствует методика обоснования параметров специального пути для перемещения робота в теплице. На основании вышесказанного определена цель работы: разработать методику обоснования параметров специального пути для перемещения робота в теплице.

Методика исследования

Организуемый специальный путь в предложенной теплице предназначен для обеспечения перемещения робота в продольном и поперечном направлениях. Поперечное направление движения робота в теплице обеспечивается за счет ходового винта и ограничителей, опирающихся на опорные тележки, где ходовой винт приводится в движение серводвигателем. В данном случае основными элементами специального пути для перемещения робота в поперечном направлении теплицы являются ограничители и ходовой винт, которые воспринимают всю нагрузку от робота в процессе его работы. Продольное направление движения робота в теплице реализуется путем движения опорных тележек по двутавровым продольным балкам, уложенным на вертикальные опоры, где опорные тележки приводятся в движение серводвигателями. Основными элементами специального пути робота для перемещения в продольном направлении служат вертикальные опоры и двутавровые продольные балки, которые воспринимают все нагрузки от робота, ограничителей, ходового винта, опорных тележек, а также от серводвигателей.

Обоснование параметров специального пути для перемещения робота в теплице сводится к установлению параметров поперечного сечения вертикальных опор, двутавровых продольных балок, ограничителей, ходового винта.

Вертикальные опоры воспринимают нагрузку от двутавровых продольных балок с зубчатыми рейками, опорных тележек, оснащенных приводами, а также от ограничителей, ходового винта и робота. В результате этого происходит сжатие каждой вертикальной опоры, а в ее поперечных сечениях присутствуют равномерно распределенные нормальные напряжения, то есть в поперечном сечении вертикальных опор возникает только продольная сила.

С учетом гипотезы плоских сечений [1, 7, 10, 12, 19, 20] условие прочности каждой вертикальной опоры следующее:

$$\sigma_{\max \text{ BO}} = \frac{|-N_{\max \text{ BO}}|}{F_{\text{BO}}} \leq [\sigma_{\text{BO}}], \quad (1)$$

где $\sigma_{\max \text{ BO}}$ – максимальное нормальное напряжение, возникающее в поперечном сечении вертикальной опоры, Па;

$N_{\max \text{ BO}}$ – максимальная продольная сжимающая сила, возникающая в поперечном сечении вертикальной опоры, Н;

F_{BO} – площадь поперечного сечения вертикальной опоры, м²;

$[\sigma_{\text{BO}}]$ – допускаемое нормальное напряжение при сжатии вертикальной опоры, Па.

Двутапровые продольные балки с зубчатыми рейками принимают нагрузку от опорных тележек, оснащенных приводами, ограничителей, ходового винта и робота. На основании сказанного уточняем, что каждая двутапровая продольная балка в результате действия на нее внешних сил подвержена поперечному изгибу. Следовательно, усилиями, действующими в плоскости поперечного сечения каждой двутапровой продольной балки, являются поперечная сила и изгибающий момент, а в поперечных сечениях каждой двутапровой продольной балки действуют нормальные и касательные напряжения. На основании закона Гука и работ Журавского [1, 7, 10, 12, 19, 20], условия прочности каждой двутапровой продольной балки при действии нормального и касательного напряжений выражаются уравнениями:

$$\sigma_{\max \text{ ДПБ}} = \frac{M_{\max \text{ ДПБ}}}{W_{\text{ДПБ}}} \leq [\sigma_{\text{ДПБ}}]; \quad (2)$$

$$\tau_{\max \text{ ДПБ}} = \frac{Q_{\text{ДПБ}} S_{\text{ДПБ}}}{b_{\text{ДПБ}} J_{\text{ДПБ}}} \leq [\tau_{\text{ДПБ}}], \quad (3)$$

где $\sigma_{\max \text{ ДПБ}}$ – максимальное напряжение, возникающее в двутапровой продольной балке, Па;

$M_{\max \text{ ДПБ}}$ – максимальный изгибающий момент, возникающий в поперечном сечении двутапровой продольной балки, Н·м;

$W_{\text{ДПБ}}$ – осевой момент сопротивления сечения двутапровой продольной балки, м³;

$[\sigma_{\text{ДПБ}}]$ – допускаемое напряжение при изгибе двутапровой продольной балки, Па;

$\tau_{\max \text{ ДПБ}}$ – максимальное касательное напряжение, возникающее в двутапровой продольной балке, Па;

$Q_{\text{ДПБ}}$ – поперечная сила, возникающая в исследуемом поперечном сечении двутапровой продольной балки, Н;

$S_{\text{ДПБ}}$ – статический момент части сечения, лежащей выше нейтральной оси, м³;

$b_{\text{ДПБ}}$ – ширина сечения на нейтральной оси, м;

$J_{\text{ДПБ}}$ – момент инерции сечения относительно его нейтральной оси, м⁴;

$[\tau_{\text{ДПБ}}]$ – допускаемое касательное напряжение при изгибе двутапровой продольной балки, Па.

Ходовой винт приводится в движение серводвигателем 14, который, вращаясь, перемещает в горизонтальной плоскости подвижную платформу робота, где дополнительно подвижную платформу предотвращают от кручения два ограничителя. В резуль-

тате этого ходовой винт одновременно испытывает деформацию кручения и деформацию поперечного изгиба, то есть возникает изгиб с кручением, являющийся частным случаем сложного сопротивления, а следовательно, ходовой винт находится под действием изгибающего и крутящего моментов.

С учетом теории прочности и основных рекомендаций расчета сложного сопротивления [1, 7, 10, 12, 19, 20], запишем условие прочности ходового винта:

$$\sigma_{\max \text{ЭХВ}} = \frac{M_{\max \text{ПХВ}}}{W_{\text{ХВ}}} \leq [\sigma_{\text{ЭХВ}}], \quad (4)$$

где $\sigma_{\max \text{ЭХВ}}$ – максимальное эквивалентное напряжение, возникающее в ходовом винте, Па;

$M_{\max \text{ПХВ}}$ – максимальный приведенный момент, возникающий в поперечном сечении ходового винта, Н·м;

$W_{\text{ХВ}}$ – осевой момент сопротивления сечения ходового винта, м³;

$[\sigma_{\text{ЭХВ}}]$ – допускаемое эквивалентное напряжение, Па.

Ограничители выступают в качестве направляющих для робота и также, как ходовой винт, воспринимают частичную нагрузку от веса робота. Устанавливаем, что каждый ограничитель воспринимает деформацию изгиба, а следовательно, в его поперечных сечениях действуют нормальные и касательные напряжения. Принимаем, что поперечное сечение ограничителей – круглое. На основании закона Гука и работ Журавского [1, 7, 10, 12, 19, 20] условия прочности каждого ограничителя с учетом действия нормального и касательного напряжений в его поперечном сечении соответственно равны:

$$\sigma_{\max \text{О}} = \frac{M_{\max \text{О}}}{W_{\text{О}}} \leq [\sigma_{\text{О}}]; \quad (5)$$

$$\tau_{\max \text{О}} = \frac{4}{3} \frac{Q_{\text{О}}}{F_{\text{О}}} \leq [\tau_{\text{О}}], \quad (6)$$

где $\sigma_{\max \text{О}}$ – максимальное напряжение, возникающее в ограничителе, Па;

$M_{\max \text{О}}$ – максимальный изгибающий момент, возникающий в поперечном сечении ограничителя, Н·м;

$W_{\text{О}}$ – осевой момент сопротивления сечения ограничителя, м³;

$[\sigma_{\text{О}}]$ – допустимое напряжение при изгибе ограничителя, Па;

$\tau_{\max \text{О}}$ – максимальное касательное напряжение, возникающее в ограничителе, Па;

$Q_{\text{О}}$ – поперечная сила, возникающая в исследуемом поперечном сечении ограничителя, Н;

$F_{\text{О}}$ – площадь поперечного сечения ограничителя, м²;

$[\tau_{\text{О}}]$ – допускаемое касательное напряжение при изгибе ограничителя, Па.

Результаты и их обсуждение

В практических условиях поперечное сечение вертикальной опоры может иметь различную геометрическую конфигурацию. Следовательно, при расчете вертикальной опоры на прочность необходимо учитывать вид геометрической конфигурации поперечного сечения.

При установлении параметров поперечного сечения вертикальной опоры, на основании условия прочности (1), запишем следующее равенство:

$$[\sigma_{\text{ВО}}] = \frac{|-N_{\max \text{ВО}}|}{F_{\text{ВО}}}. \quad (7)$$

В равенстве (7) допускаемое нормальное напряжение при сжатии вертикальной опоры, на основании рекомендаций [1, 7, 10, 12, 19, 20], определяется из выражения

$$[\sigma_{\text{BO}}] = \frac{\sigma_{\text{CBO}} k_{\text{ПСВО}}}{[k_{\text{ЗСВО}}]}, \quad (8)$$

где σ_{CBO} – предельно допустимое нормальное напряжение при сжатии вертикальной опоры, Па;

$k_{\text{ПСВО}}$ – коэффициент понижения расчетного напряжения, учитывающий явление изгиба, ослабление сваркой, собственный вес и неравномерность нагрузок при сжатии вертикальной опоры, равный 0,5;

$[k_{\text{ЗСВО}}]$ – коэффициент запаса прочности при сжатии вертикальной опоры, равный 1,4–2,0 [7, 10].

Подставив равенство (8) в зависимость (7), выразим площадь поперечного сечения вертикальной опоры:

$$F_{\text{BO}} = \frac{|-N_{\text{maxBO}}| [k_{\text{ЗСВО}}]}{\sigma_{\text{C}} k_{\text{ПСВО}}}. \quad (9)$$

В равенстве (9) максимальная продольная сжимающая сила, возникающая в поперечном сечении вертикальной опоры, равна

$$N_{\text{maxBO}} = g(m_{\text{ДПБ}} + m_{\text{ОТ}} + m_{\text{Р}} + 0,5m_{\text{О}} + 0,5m_{\text{ХВ}}), \quad (10)$$

где g – ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с²;

$m_{\text{ДПБ}}$ – масса одной двутавровой продольной балки с зубчатой рейкой, кг;

$m_{\text{ОТ}}$ – масса опорной тележки с приводами, кронштейном и роликами, кг;

$m_{\text{Р}}$ – масса робота, кг;

$m_{\text{О}}$ – масса ограничителей, кг;

$m_{\text{ХВ}}$ – масса ходового винта, кг.

В качестве вертикальных опор могут использоваться металлические трубы с круглым, квадратным и прямоугольным профилем. Например, при форме сечения профиля в виде кольца, с учетом равенства (9), запишем неравенство

$$\frac{\pi(D_{\text{К}}^2 - d_{\text{К}}^2)}{4} \geq \frac{|-N_{\text{maxBO}}| [k_{\text{ЗСВО}}]}{\sigma_{\text{C}} k_{\text{ПСВО}}}, \quad (11)$$

где π – число «пи», постоянная величина, примерно равная 3,14;

$D_{\text{К}}$ – внешний диаметр кольца, м;

$d_{\text{К}}$ – внутренний диаметр кольца, м.

Из неравенства (11) при известном внутреннем диаметре кольца выразим требуемый внешний диаметр кольца:

$$D_{\text{К}} \geq \sqrt{\frac{4|-N_{\text{maxBO}}| [k_{\text{ЗСВО}}]}{\pi \sigma_{\text{C}} k_{\text{ПСВО}}} + d_{\text{К}}^2}. \quad (12)$$

Таким образом, принимается вертикальная опора с поперечным сечением профиля в виде кольца, имеющего заданный внутренний диаметр $d_{\text{К}}$ и расчетный внешний диаметр $D_{\text{К}}$. При этом длина вертикальных опор устанавливается в зависимости от требуемой высоты расположения робота над растениями в теплице. Для каждого вида теплиц длина вертикальных опор устанавливается индивидуально. По аналогичной мето-

дике выполняется установление параметров поперечного сечения вертикальных опор для других видов форм сечения профиля.

При установлении параметров поперечного сечения двутавровой продольной балки во внимание принимаются только действующие в их поперечных сечениях нормальные напряжения, а действием касательных напряжений можно пренебречь, так как они, как правило, при большой длине балок не значительны [1, 7, 10, 12, 19, 20]. Отсюда следует, что уравнение (2) является ключевым условием при обосновании параметров поперечного сечения двутавровой продольной балки и его можно записать следующий образом:

$$[\sigma_{\text{ДПБ}}] = \frac{M_{\text{max ДПБ}}}{W_{\text{ДПБ}}}. \quad (13)$$

Допускаемое напряжение при изгибе двутавровой продольной балки $[\sigma_{\text{ДПБ}}]$, на основании рекомендаций [1, 7, 10, 12, 19, 20], составит

$$[\sigma_{\text{ДПБ}}] = \frac{\sigma_{\text{ИПБ}} k_{\text{ПИПБ}}}{[k_{\text{ЗИПБ}}]}, \quad (14)$$

где $\sigma_{\text{ИПБ}}$ – предельно допустимое напряжение при изгибе двутавровой продольной балки, Па;

$k_{\text{ПИПБ}}$ – коэффициент понижения расчетного напряжения при возникновении неравномерности распределения нагрузок при изгибе двутавровой продольной балки, равный 0,9;

$[k_{\text{ЗИПБ}}]$ – коэффициент запаса прочности при изгибе двутавровой продольной балки, равный 2,0–3,0 [7, 10].

Учитывая то, что максимальный изгиб двутавровой продольной балки будет возникать тогда, когда погонная нагрузка или силы сосредоточения приложены посередине, на балку передается усилие через ролики. Отсюда следует, что максимальный изгибающий момент в поперечном сечении двутавровой продольной балки возникает в точках контакта роликов с балкой, а усилия, передающиеся на двутавровую продольную балку, являются силами сосредоточения. С учетом рекомендаций, приведенных в [1, 7, 10, 12, 19, 20], запишем формулу для расчета максимального изгибающего момента в поперечном сечении двутавровой продольной балки

$$M_{\text{max ДПБ}} = P_{\text{CC}} l_{\text{BP}}, \quad (15)$$

где P_{CC} – сила сосредоточения, действующая на двутавровую продольную балку, Н;

l_{BP} – расстояние от центра вертикальной опоры (начала двутавровой продольной балки) до оси ролика, м.

Сила сосредоточения, действующая на двутавровую продольную балку, равна

$$P_{\text{CC}} = \frac{1}{2} g(m_{\text{OT}} + m_{\text{P}} + 0,5m_{\text{O}} + 0,5m_{\text{XB}}). \quad (16)$$

Подставив зависимости (14) и (15) в равенство (13) и сделав ряд преобразований, выразим осевой момент сопротивления сечения двутавровой продольной балки $W_{\text{ДПБ}}$:

$$W_{\text{ДПБ}} = \frac{P_{\text{CC}} l_{\text{BP}} [k_{\text{ЗИПБ}}]}{\sigma_{\text{ИПБ}} k_{\text{ПИПБ}}}. \quad (17)$$

После расчета требуемого осевого момента сечения двутавровой продольной балки по формуле (17) подбирается двутавровая балка по номеру профиля, у которой расчетный осевой момент сечения больше требуемого. Затем по номеру профиля устанавливаются габаритные размеры ее поперечного сечения: высота $h_{\text{дпб}}$, ширина полки $b_{\text{дпб}}$, толщина стенки $s_{\text{дпб}}$ и толщина полки $t_{\text{дпб}}$. При этом длина двутавровой продольной балки определяется из выражения

$$L_{\text{дпб}} = 2l_{\text{вр}} + l_{\text{р}}, \quad (18)$$

где $l_{\text{р}}$ – расстояние между роликами, м.

Из выражения (18) показатель $l_{\text{вр}}$ равен

$$l_{\text{вр}} = \frac{L_{\text{дпб}} - l_{\text{р}}}{2}. \quad (19)$$

В том случае, если изначально задан номер профиля двутавра с расчетным осевым моментом сопротивления сечения, то максимально допустимая длина двутавровой продольной балки составит

$$L_{\text{дпб}} = \frac{2W_{\text{дпб}}\sigma_{\text{ипб}}k_{\text{пипб}}}{P_{\text{сс}}[k_{\text{зипб}}]} + l_{\text{р}}. \quad (20)$$

Используя полученные данные, устанавливаем длину каждой двутавровой продольной балки равной $L_{\text{дпб}}$ с расчетным осевым моментом сопротивления сечения $W_{\text{дпб}}$, которые имеют поперечное сечение с заводскими параметрами $h_{\text{дпб}}$, $b_{\text{дпб}}$, $s_{\text{дпб}}$ и $t_{\text{дпб}}$.

Ходовой винт является важнейшим элементом специального пути, отвечающим за перемещение робота в поперечном направлении теплицы. Соответственно, при установлении параметров поперечного сечения ходового винта необходимо учитывать все внешние факторы, влияющие на его прочность. Таким образом, на основании условия прочности (4) ходового винта, запишем следующее выражение:

$$[\sigma_{\text{эхв}}] = \frac{M_{\text{max ПХВ}}}{W_{\text{хв}}}. \quad (21)$$

В приведенном выражении допускаемое эквивалентное напряжение, на основе рекомендаций [1, 7, 10, 12, 19, 20], составит

$$[\sigma_{\text{эхв}}] = \frac{\sigma_{\text{ихв}}k_{\text{пихв}}}{[k_{\text{зихв}}]}, \quad (22)$$

где $\sigma_{\text{ихв}}$ – предельно допустимое напряжение при изгибе ходового винта, Па;

$k_{\text{пихв}}$ – коэффициент понижения расчетного напряжения при возникновении неравномерности распределения нагрузок в ходовом винте и наличия в нем резьбы, равный 0,8;

$[k_{\text{зихв}}]$ – коэффициент запаса прочности при изгибе и кручении ходового винта, равный 2,0–3,0 [7, 10].

Максимальный приведенный момент, возникающий в поперечном сечении ходового винта, по третьей теории прочности (наибольших касательных напряжений) следует рассчитывать по формуле [1, 7, 10, 12]

$$M_{\text{max ПХВ}} = \sqrt{M_{\text{схв}}^2 + M_{\text{кхв}}^2}, \quad (23)$$

где $M_{\text{схв}}$ – суммарный изгибающий момент, Н·м;

$M_{\text{кхв}}$ – крутящий момент в сечении, Н·м.

Порядок расчета суммарного изгибающего момента и крутящего момента в сечении подробно изложен в работах [1, 7, 10, 12]. Так как ходовой винт, как правило, имеет круглое поперечное сечение, то осевой момент сопротивления сечения данного винта [1, 7, 10, 12] равен

$$W_{XB} = \frac{\pi d_{XB}^3}{32}, \quad (24)$$

где d_{XB} – диаметр ходового винта, м.

Подставив в равенство (21) выражения (22), (23) и (24), выразим требуемый диаметр ходового винта

$$d_{XB} = \sqrt[3]{\frac{32[k_{ЗИХВ}] \sqrt{M_{СХВ}^2 + M_{КХВ}^2}}{\pi \sigma_{ИХВ} k_{ПИХВ}}}. \quad (25)$$

Полученное по формуле (25) расчетное значение округляется до ближайшего стандартного значения в большую сторону. Принятый диаметр будет являться диаметром ходового винта с учетом нарезанной на нем резьбы. В свою очередь, длина ходового винта зависит от установленного расстояния между стенками опорных тележек, повернутых друг на друга, и должна обеспечивать беспрепятственное выполнение роботом поставленных задач в зоне его ответственности.

Установление параметров поперечного сечения ограничителя базируется на проверке условий (5) и (6). Так как в реальных условиях ограничитель имеет большую длину, то действие касательных напряжений в сечении ограничителя будет незначительно, а следовательно, в расчетах его учитывать нет необходимости. Отсюда следует, что в последующих расчетах учитываются только действующие в поперечных сечениях ограничителя нормальные напряжения. Принимая во внимание условие (5), запишем

$$[\sigma_0] = \frac{M_{\max O}}{W_0}. \quad (26)$$

Величина допускаемого напряжения при изгибе ограничителя в равенстве (26), с учетом рекомендаций [1, 7, 10, 12, 19, 20], определяется из выражения

$$[\sigma_0] = \frac{\sigma_{ИО} k_{ПИО}}{[k_{ЗИО}]}, \quad (27)$$

где $\sigma_{ИО}$ – предельно допустимое напряжение при изгибе ограничителя, Па;

$k_{ПИО}$ – коэффициент понижения расчетного напряжения при возникновении неравномерности распределения нагрузок на ограничитель, равный 0,9;

$[k_{ЗИО}]$ – коэффициент запаса прочности при изгибе ограничителя, принимаемый 2,0–3,0 [7, 10].

Ограничитель испытывает максимальный изгиб в том случае, когда центр платформы робота совпадает с центром ограничителя. В результате этого на ограничитель действует погонная нагрузка, вызывающая возникновение в его поперечном сечении максимального изгибающего момента.

Из приведенного выше следует, что максимальный изгибающий момент, возникающий в поперечном сечении ограничителя, с учетом рекомендаций [12], рассчитывается по следующей формуле:

$$M_{\max O} = \frac{q_{ПО} l_{ПР}}{4} \left(l_0 - \frac{l_{ПР}}{2} \right), \quad (28)$$

где $q_{ПО}$ – погонная нагрузка, Н/м;

$l_{ПР}$ – длина платформы робота, м;

l_0 – длина ограничителя, м.

В формуле (28) погонная нагрузка, действующая на ограничитель, для каждого случая рассчитывается отдельно, а длина платформы устанавливается изначально при разработке робота. При этом поперечное сечение ограничителя может иметь различную геометрическую форму. Например, при выборе ограничителя с поперечным сечением в виде окружности, его осевой момент сопротивления сечения следует рассчитывать из выражения

$$W_O = \frac{\pi d_O^3}{32}, \quad (29)$$

где d_O – диаметр ограничителя, м [1, 7, 10].

Используя выражения (27) и (29), преобразуем равенство (26) для определения диаметра ограничителя

$$d_O = \sqrt[3]{\frac{32[k_{\text{ЗИО}}]M_{\text{max O}}}{\pi\sigma_{\text{ИО}}k_{\text{ПНО}}}}. \quad (30)$$

Если первоначально известен диаметр ограничителя, то подставив равенства (27), (28) и (30) в равенство (26), получим зависимость для расчета необходимой длины ограничителя, обеспечивающей беспрепятственное поперечное перемещение робота в теплице:

$$l_O = \frac{\pi d_O^3 \sigma_{\text{ИО}} k_{\text{ПНО}}}{8q_{\text{ПО}} l_{\text{ПР}} [k_{\text{ЗИО}}]} + \frac{l_{\text{ПР}}}{2}. \quad (31)$$

Используя для расчета диаметра ограничителя формулу (30), можно определить его минимально допустимое значение, которое округляется до ближайшего стандартного значения в большую сторону, которое следует считать диаметром двух ограничителей. В случае, когда при расчете задается диаметр ограничителей, то их требуемая длина определяется по зависимости (31), где полученное значение является расстоянием между стенками опорных тележек, повернутых друг к другу.

Выводы

1. Обоснование параметров специального пути для перемещения робота в теплице сводится к расчету продольных и поперечных параметров вертикальных опор, двутавровых продольных балок, ограничителей и ходового винта, причем все расчеты основываются на условии прочности в отношении составляющих элементов специального пути.

2. Высота вертикальных опор роботизированной теплицы определяется условиями эксплуатации робота и устанавливается исходя из требований по расположению робота над произрастающими растениями. Параметры поперечного сечения вертикальных опор зависят от принятой геометрической конфигурации поперечного сечения, а также от таких показателей, как:

- максимальная продольная сжимающая сила, возникающая в поперечном сечении вертикальной опоры;
- предельно допустимое нормальное напряжение при сжатии вертикальной опоры;
- коэффициент понижения расчетного напряжения, учитывающий явление изгиба, ослабление сваркой, собственный вес и неравномерность нагрузок при сжатии вертикальной опоры;
- коэффициент запаса прочности при сжатии вертикальной опоры.

3. Установление параметров двутавровых продольных балок базируется на условии прочности при поперечном изгибе. Параметры поперечного сечения двутавровых продольных балок (высота, ширина полки, толщина стенки, толщина полки) принимаются из таблиц сортамента двутавров на основании расчетного осевого момента сопротивления сечения продольной балки. В свою очередь, длина двутавровой продольной балки определяется в зависимости таких показателей, как:

- сила сосредоточения, действующая на двутавровую продольную балку;
- коэффициент понижения расчетного напряжения при возникновении неравномерности распределения нагрузок при изгибе двутавровой продольной балки;
- предельно допустимое напряжение при изгибе двутавровой продольной балки;
- коэффициент запаса прочности при изгибе двутавровой продольной балки;
- осевой момент сопротивления сечения двутавровой продольной балки;
- расстояние между роликами опорных тележек.

4. Вычисление параметров ходового винта основывается на условии прочности при сложном сопротивлении по третьей теории прочности (наибольших касательных напряжений). Расчетный диаметр ходового винта определяется с учетом следующих показателей:

- предельно допустимое напряжение при изгибе ходового винта;
- коэффициент понижения расчетного напряжения при возникновении неравномерности распределения нагрузок в ходовом винте и наличия в нем резьбы;
- коэффициент запаса прочности при изгибе и кручении ходового винта;
- суммарный изгибающий момент;
- крутящий момент в сечении.

При этом длина ходового винта зависит от установленного расстояния между стенками опорных тележек, повернутых друг к другу, и должна обеспечивать беспрепятственное выполнение роботом поставленных задач в зоне его ответственности.

5. Определение параметров ограничителей производится из условия обеспечения прочности при поперечном изгибе. Параметры поперечного сечения ограничителей формируются в зависимости от принятой геометрической конфигурации их поперечного сечения и непосредственно связаны со следующими факторами:

- максимальный изгибающий момент, возникающий в поперечном сечении ограничителя;
- коэффициент запаса прочности при изгибе ограничителя;
- предельно допустимое напряжение при изгибе ограничителя;
- коэффициент понижения расчетного напряжения при возникновении неравномерности распределения нагрузок на ограничитель.

Необходимая длина ограничителя устанавливается на основании следующих показателей:

- диаметр ограничителя;
- коэффициент запаса прочности при изгибе ограничителя;
- предельно допустимое напряжение при изгибе ограничителя;
- коэффициент понижения расчетного напряжения при возникновении неравномерности распределения нагрузок на ограничитель;
- погонная нагрузка;
- длина платформы робота.

Список источников

1. Биргер И.А., Шорр Б.Ф., Иосилевич Г.Б. Расчет на прочность деталей машин: справочник. 4-е изд., перераб. и доп. Москва: Машиностроение, 1993. 640 с.
2. Васильев В.В., Аксенов И.И. Автоматизация процесса выращивания овощей и фруктов в защищенном грунте // Инновационные технологии и технические средства для АПК: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов (Воронеж, 09–10 ноября 2023 г.). Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2023. Ч. II. С. 33–39.
3. Васильев В.В., Афоничев Д.Н. Увеличение продольного хода робота в теплице // Цифровизация агропромышленного комплекса: материалы IV международной научно-практической конференции; в 3-х т. (Тамбов, 23-25 октября 2024 г.). Тамбов: Издательский центр ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», 2024. Т. II. С. 206–208.
4. Васильев В.В., Афоничев Д.Н. Усовершенствованная роботизированная теплица // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе: материалы международной научно-практической конференции (Воронеж, 06 июня 2024 г.). Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2024. С. 82–87.
5. Гиль Л.С., Пашковский А.И., Сулима Л.Т. Современное овощеводство закрытого и открытого грунта: практическое руководство. Житомир: ЧП «Рута», 2012. 465 с.
6. Климов В.В. Оборудование теплиц для подсобных и личных хозяйств. Москва: Энергоатомиздат, 1992. 96 с.
7. Любошиц М.И., Ицкович Г.М. Справочник по сопротивлению материалов. 2-е изд. перераб. и доп. Минск: Высшая школа, 1969. 464 с.
8. Молчанов А.Г., Самойленко В.В. Энергосберегающее оптическое облучение промышленных теплиц: монография. Ставрополь: АГРУС, 2013. 120 с.
9. Овощеводство: учебное пособие; под ред. В.П. Котова, Н.А. Адрицкой. Санкт-Петербург: Лань, 2016. 496 с.
10. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Справочник по сопротивлению материалов. Киев: Наукова Думка, 1975. 704 с.
11. Роботизированная теплица: пат. 2818343 Рос. Федерация № 2023127402; заявл. 25.10.2023; опубл. 02.05.2024, Бюл. № 13. 8 с.
12. Фесик С.П. Справочник по сопротивлению материалов: 2-е изд., перераб. и доп. Киев: Будивельник, 1982. 280 с.
13. Aldrich R.A., Bartok J.W. Greenhouse engineering. New York: Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service, 1994. 212 p.
14. Castilla N. Greenhouse technology and management: 2nd edition. CAB International; 2013. 374 p.
15. Gorjian S., Campana P.E. Solar energy advancements in agriculture and food production systems. New York: Academic Press, 2022. 496 p.
16. Hanan J.J. Greenhouses: advanced technology for protected horticulture. Boca Raton: CRC Press, 1998. 684 p.
17. Ozguven M.M. The digital age in agriculture. Boca Raton: CRC Press, 2023. 307 p.
18. Ponce P., Molina A., Cepeda P. et al. Greenhouse design and control. London: CRC Press, 2014. 380 p.
19. Silva V.D. Mechanics and strength of materials. Luxembourg: Springer, 2006. 545 p.
20. Skalmierski B. Mechanics and strength of materials. New York: Academic Press, Elsevier, 1979. 435 p.

References

1. Birger I.A., Shorr B.F., Iosilevich G.B. Machinery parts strength calculation: reference book: 4th edition, revised and enlarged. Moscow: Mashinostroyeniye Publishers; 1993. 640 p. (In Russ.).
2. Vasiliev V.V., Aksenov I.I. Automation of the process of growing vegetables and fruits in protected ground. In: Innovative technologies and technical means for agriculture: Proceedings of the International Research-to-Practice Conference of Young Scientists and Specialists (Voronezh, November 9-10, 2023). Voronezh: Voronezh State Agrarian University Publishers. 2023;2:33-39. (In Russ.).
3. Vasiliev V.V., Afonichev D.N. Increasing the longitudinal stroke of a robot in a greenhouse. In: Digitalization of Agro-Industrial Complex: Proceedings of the IV International Research-to-Practice Conference; in 3 vols. (Tambov, October 23-25, 2024). Tambov: Publishing Center of Tambov State Technical University; 2024;2:206-208. (In Russ.).
4. Vasiliev V.V., Afonichev D.N. Advanced robotic greenhouse. In: Energy efficiency and energy conservation in modern production and society: Proceedings of the International Research-to-Practice Conference (Voronezh, June 6, 2024). Voronezh: Voronezh State Agrarian University Publishers; 2024;82-87. (In Russ.).
5. Gil L.S., Pashkovsky A.I., Sulima L.T. Modern indoor and outdoor vegetable growing: practical guide. Zhytomyr: Ruta Publishers; 2012. 465 p. (In Russ.).
6. Klimov V.V. Greenhouse equipment for subsidiary and individual farms. Moscow: Energoatomizdat; 1992. 96 p. (In Russ.).
7. Lyuboshits M.I., Itskovich G.M. Handbook of resistance of materials: 2nd edition, revised and enlarged. Minsk: Vysshaya Shkola Publishers; 1969. 464 p. (In Russ.).
8. Molchanov A.G., Samoylenko V.V. Energy-saving optical irradiation of industrial greenhouses: monograph. Stavropol: AGRUS Publishers; 2013. 120 p. (In Russ.).
9. Vegetable growing: study guide; edited by V.P. Kotov, N.A. Adritskaya. Saint Petersburg: Lan' Publishers; 2016. 496 p. (In Russ.).
10. Pisarenko G.S., Yakovlev A.P., Matveev V.V. Handbook of resistance of materials. Kyiv: Naukova Dumka Publishers; 1975. 704 p. (In Russ.).
11. Robotic greenhouse: Patent 2818343 Russian Federation. No. 2023127402; claimed 25.10.2023; published 02.05.2024, Bulletin 13. 8 p. (In Russ.).
12. Fesik S.P. Handbook of resistance of materials: 2nd edition, revised and enlarged. Kyiv: Budivel'nik Publishers; 1982. 280 p. (In Russ.).
13. Aldrich R.A., Bartok J.W. Greenhouse engineering. New York: Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service; 1994. 212 p.
14. Castilla N. Greenhouse technology and management: 2nd edition. CAB International; 2013. 374 p.
15. Gorjian S., Campana P.E. Solar energy advancements in agriculture and food production systems. New York: Academic Press, 2022. 496 p.
16. Hanan J.J. Greenhouses: advanced technology for protected horticulture. Boca Raton: CRC Press; 1998. 684 p.
17. Ozguven M.M. The digital age in agriculture. Boca Raton: CRC Press; 2023. 307 p.
18. Ponce P., Molina A., Cepeda P. et al. Greenhouse design and control. London: CRC Press; 2014. 380 p.
19. Silva V.D. Mechanics and strength of materials. Luxembourg: Springer; 2006. 545 p.
20. Skalmierski B. Mechanics and strength of materials. New York: Academic Press, Elsevier; 1979. 435 p.

Информация об авторах

В.В. Васильев – кандидат технических наук, доцент кафедры электротехники и автоматики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», vasiliev.vladimir87@mail.ru.

Д.Н. Афоничев – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой электротехники и автоматики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», dmafonichev@yandex.ru.

Information about the authors

V.V. Vasiliev, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Electrical Engineering and Automation, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, vasiliev.vladimir87@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.

Статья поступила в редакцию 11.12.2024; одобрена после рецензирования 20.01.2025; принята к публикации 12.02.2025.

The article was submitted 11.12.2024; approved after reviewing 20.01.2025; accepted for publication 12.02.2025.

© Васильев В.В., Афоничев Д.Н., 2025

4.3.2. ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И
ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА
(ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 621.311

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2025_1_84

EDN: LVAVKY

**Оценка эффективности применения системы накопления
электрической энергии для компенсации потерь напряжения
в воздушных линиях электропередачи напряжением 0,4 кВ**

Евгений Александрович Извеков^{1✉}

¹ Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,

Воронеж, Россия

¹ izvek@yandex.ru[✉]

Аннотация. Для поддержания качественных показателей напряжения у потребителей, подключенных к длинным воздушным линиям (ВЛ) электропередачи напряжением 0,4 кВ, используются различные методы и средства регулирования, в том числе установка на линии системы накопления электрической энергии (СНЭ). Изучение проектной документации и опубликованной технической литературы по рассматриваемой тематике показало, что в настоящий момент как таковые методические рекомендации по определению оптимального места установки СНЭ в воздушных линиях напряжением 0,4 кВ отсутствуют. В некоторых источниках информации указывается, что место установки определяется исходя из топографических особенностей района установки СНЭ. В качестве примера рассмотрена ВЛ № 1, отходящая от ТП №28-47, расположенная в п. Отрадное Новоусманского района Воронежской области, в которой СНЭ установлена в месте критического падения напряжения у опоры № 13. Составлена расчетная схема замещения ВЛ, проведены вычислительные эксперименты режимов работы ВЛ без СНЭ и при установке СНЭ в различных узлах. Анализ результатов расчета режимов показал, что место установки СНЭ в рассматриваемой ВЛ 0,4 кВ выбрано ошибочно. Целесообразнее была бы установка СНЭ в наиболее удаленном узле № 19, так как в данном узле наблюдается самое низкое напряжение. В зависимости от выбранного режима работы требуемая мощность СНЭ при установке ее в узле № 19 должна составлять 16,5–28,0 кВА, в то время как мощность СНЭ при ее фактическом расположении составляет 31,5–50,0 кВА. Таким образом, вычислительные эксперименты доказывают существенное влияние места установки СНЭ на ее требуемую мощность, которая в рассматриваемой проблемной ВЛ 0,4 кВ может быть снижена в 1,91–1,79 раза.

Ключевые слова: воздушная линия электропередачи, напряжение, потери напряжения, мощность, система накопления энергии (СНЭ)

Для цитирования: Извеков Е.А. Оценка эффективности применения системы накопления электрической энергии для компенсации потерь напряжения в воздушных линиях электропередачи напряжением 0,4 кВ // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2025. Т. 18, № 1(84). С. 84–95. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_84–95.

4.3.2. ELECTROTECHNICS, ELECTRICAL EQUIPMENT AND ELECTRICAL
POWER SUPPLY FOR AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX (ENGINEERING SCIENCES)

Original article

**Assessment of feasibility of the electrical energy storage system
of compensation for losses in overhead power transmission
lines with voltage of 0.4 kV**

Evgeniy A. Izvekov^{1✉}

¹ Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

¹ izvek@yandex.ru[✉]

Abstract. To maintain high-quality voltage indicators for consumers connected to long overhead power transmission lines (OHTL) with voltage of 0.4 kV, various methods and means of regulation are used, including the installation of an electrical energy storage (EES) system on the line. A study of the design documentation and published technical literature on the subject under consideration has shown that currently there are no methodological recommendations, as such, for determining the optimal installation location of the EES system in a 0.4 kV overhead line. Some authors in reference sources indicate that placement location is determined based on the topographic features of the EES system installation position. As an example, overhead line No. 1, extending from setup substation (SS) No. 28-47, located in Otradnoye in Novousmansk district of Voronezh Oblast, where the EES

system is installed at the site of a critical voltage drop (suspension pole No. 13), is considered. A calculation scheme for overhead line replacement has been designed, computational experiments of overhead line operating modes have been carried out taking into account EES system installation location in various overhead line locations, and the overhead line operating without the EES system. An analysis of the calculation results of the modes showed that the location of the EES system in the considered 0.4 kV overhead line was chosen incorrectly. It would be most advisable to install the EES system in the most remote node No. 19, since the lowest voltage is observed in this node. Depending on the selected operating mode, the required power of the EES system when installed in node No. 19 should be 16.5–28.0 kVA, while the power of the EES system at its actual location is 31.5–50.0 kVA. Thus, computational experiments prove a significant influence of the EES system installation position on the required power, which in the considered problematic 0.4 kV overhead line can be reduced by 1.91–1.79 times.

Keywords: overhead power transmission line (OHTL), voltage, voltage losses, power, electrical energy storage (EES) system

For citation: Izvekov E.A. Assessment of feasibility of the electrical energy storage system of compensation for losses in overhead power transmission lines with voltage of 0.4 kV. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2025;18(1):84-95. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_84-95.

Поддержание качественных показателей напряжения у потребителей является основой формирования и функционирования распределительных электрических сетей. С течением времени нагрузки на электрические сети изменяются, появляются новые потребители, увеличивается энергонасыщенность старых потребителей. Это приводит к тому, что существующие электрические сети не справляются с растущими нагрузками, качественные показатели напряжения начинают снижаться (зачастую ниже критических значений). Такая проблема особенно актуальна для потребителей, расположенных в сельской местности, где центры питания и потребители удалены друг от друга на значительные расстояния.

С целью предупреждения возникновения различных проблем в пункте 2.2 Технической политики ОАО «МРСК Центра» [15] устанавливаются максимальные длины воздушных и кабельных линий электропередачи класса напряжений 0,4 кВ не более 0,5 км от центра питания до наиболее удаленной точки и 2 км суммарной длины воздушной линии (ВЛ) напряжением 0,4 кВ, причем в городской и сельской местности протяженность ВЛ варьирует в зависимости от типа применяемой конструкции трансформаторной подстанции (ТП). Такие требования обусловлены невозможностью поддержания допустимого напряжения у удаленных потребителей. Однако опыт эксплуатации распределительных сетей показывает, что у потребителей, удаленных от центра питания даже на меньшую величину, могут возникать существенные проблемы с качественными показателями напряжения. Так, воздушные линии, длиннее 1 км, уже считаются потенциально проблемными, особенно в часы пикового потребления [8].

Рациональным решением этой проблемы является разукрупнение сети с установкой дополнительных трансформаторных подстанций ближе к потребителям. Однако глубокая реконструкция сети не всегда возможна как из-за финансовых ограничений, так и из-за топографических особенностей местности. В этом случае сетевые организации ограничиваются частичной реконструкцией существующей сети.

При реконструкции существующих ВЛ распределительных электрических сетей напряжением 0,4 кВ приходится осуществлять выбор технических средств обеспечения требуемого качества напряжения. Технически возможны следующие варианты:

- 1) установка вольтодобавочного трансформатора (ВДТ) [13];
- 2) установка системы накопления электрической энергии (СНЭ/СНЭЭ) [3].

Необходимость установки ВДТ должна быть обоснована анализом параметров качества электроэнергии на основании проведенного обследования сети, а также расчетом места установки ВДТ. Вариант установки вольтодобавочного трансформатора является достаточно хорошо апробированным техническим решением, при этом местом установки ВДТ выбирается точка критического падения напряжения [14]. Выбор мощности ВДТ осуществляется по рабочему току линии в часы пиковых нагрузок.

Так как применение систем накопления электрической энергии (СНЭ) к настоящему времени недостаточно широко апробировано, на практике возникают определенные сложности, в частности с выбором места размещения СНЭ. Чаще всего разработчики выбирают второй вариант, то есть установку СНЭ вместо ВДТ. Однако такое решение, по нашему мнению, можно отнести к недостаточно обдуманному, поверхностным, в связи с чем были выполнены вычислительные эксперименты с целью обоснования оптимального места размещения СНЭ.

Анализ проектной документации по установке системы накопления электрической энергии показал, что как таковые методические рекомендации по определению места установки СНЭ отсутствуют [4, 5]. В некоторых источниках информации указывается, что место установки определяется «...исходя из топографических особенностей района установки СНЭ» [10].

Попробуем составить рекомендации для определения места установки системы накопления электрической энергии (СНЭ) на примере конкретной проблемной ВЛ 0,4 кВ, расположенной в п. Отрадное Новоусманского района Воронежской области. На данной воздушной линии СНЭ была установлена в 2021 г. в результате реализации пилотного проекта по внедрению технологий накопления энергии в электросетевых организациях [10] (проект разработан на основе применения утвержденных типовых конструкций и оборудования серийного заводского изготовления). В данном конкретном случае выбрана система накопления электрической энергии модель MRSK2.0/ESS-50.40 с литий-ионной аккумуляторной батареей энергоемкостью 40 кВт·ч, номинальным напряжением 799,2 В и преобразователем мощности 50 кВА [12].

Рассмотрим поопорную схему, которая приведена на рисунке 1 [11]. Воздушная линия 0,4 кВ питается от трансформаторной подстанции № 28-47 и представляет собой фидер длиной 1,12 км, протянутый проводом марки СИП-2 3×50+1×50 (протяженность Ф1 – 1100 м). Количество потребителей, подключенных к этому фидеру, составляет 75 единиц. Потребителями являются газифицированные дома бытового сектора. Система накопления электрической энергии установлена у опоры № 13 (ул. Октябрьская, 42).

Для расчета нагрузок из справочной литературы [7] принимаем коэффициент мощности $\cos \varphi$ равным 0,9. Так как коэффициент мощности всех потребителей принят одинаковым, то данная схема может рассматриваться как однородная электрическая сеть. Активную получасовую нагрузку усредненного бытового потребителя принимаем равной 1 кВт, а реактивную нагрузку вычисляем по формуле (2).

$$S = P / \cos \varphi = 1 / 0,9 = 1,11 \text{ кВА}, \quad (1)$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{1,11^2 - 1^2} = 0,484 \text{ кВАр}. \quad (2)$$

Так как потребители идентичны и однородны, то для расчета нагрузок можно применить метод коэффициента одновременности. Суммарную мощность групп потребителей рассчитываем по следующей формуле:

$$P_{\Sigma} = P_1 \cdot n \cdot k_o, \quad (3)$$

где P_1 – мощность одного потребителя;

n – число потребителей в группе;

k_o – коэффициент одновременности.

На основе имеющейся поопорной схемы объединяем близко расположенных потребителей в группы и получаем 19 нагрузочных узлов. Результаты этой группировки отражают степень нагрузки на каждом узле схемы с учетом влияния неодновременного использования электроприборов потребителями (табл. 1).



Рис. 1. Поопорная схема ВЛ 0,4 кВ

Таблица 1. Расчетные нагрузки в узлах схемы

№ узла	Число подключенных потребителей, n	Коэффициент одновременности, K_o	Активная нагрузка P , кВт	Реактивная нагрузка Q , кВар
1	Центр питания			
2	1	1,000	3,000	1,453
3	1	1,000	1,000	0,484
4	1	1,000	1,000	0,484
5	2	0,750	1,500	0,726
6	2	0,750	1,500	0,726
7	2	0,750	1,500	0,726
8	19	0,340	6,460	3,129
9	4	0,585	2,340	1,133
10	4	0,585	2,340	1,133
11	6	0,508	3,048	1,476
12	4	0,585	2,340	1,133
13	5	0,530	2,650	1,283
14	4	0,585	2,340	1,133
15	7	0,486	3,402	1,648
16	7	0,486	3,402	1,648
17	4	0,585	2,340	1,133
18	1	1,000	1,000	0,484
19	1	1,000	1,000	0,484

Далее, используя справочные значения погонных активного [9] и индуктивного [1] сопротивления провода СИП-2 $3 \times 50 + 1 \times 50$ $r_0 = 0,822$ Ом/км, $x_0 = 0,085$ Ом/км, можно определить сопротивление каждого участка (каждой ветви) воздушной линии. Результаты расчетов, приведенные в таблице 2, дают ясное представление о сопротивлении на каждом участке.

Таблица 2. Значения сопротивлений на участках фидера

Участок	Длина, км	R , Ом	X , Ом
1-2	0,04	0,03290	0,002790
2-3	0,36	0,29590	0,025150
3-4	0,12	0,09860	0,008380
4-5	0,04	0,03290	0,002790
5-6	0,04	0,03290	0,002790
6-7	0,04	0,03290	0,002790
7-8	0,001	0,000822	0,0000699
8-9	0,08	0,06580	0,005590
9-10	0,04	0,03290	0,002790
10-11	0,04	0,03290	0,002790
11-12	0,04	0,03290	0,002790
12-13	0,04	0,03290	0,002790
13-14	0,04	0,03290	0,002790
14-15	0,04	0,03290	0,002790
15-16	0,04	0,03290	0,002790
16-17	0,04	0,03290	0,002790
17-18	0,04	0,03290	0,002790
18-19	0,04	0,03290	0,002790
Сумма 1-19	1,121	0,88900	0,075500

Для анализа режимов напряжений в ветвях и узлах схемы воспользуемся программой RastrWin3, которая позволяет провести расчет режима работы системы с учетом всех входных данных, а также визуализировать полученные результаты.

Для работы в программе заполняем поля вкладок «Узлы» и «Ветви» необходимой информацией о структуре и характеристиках сети (отдельно по каждому узлу и ветви), выполняем расчеты режимов напряжений, включая все заданные параметры и условия (рис. 2 и 3, табл. 3).

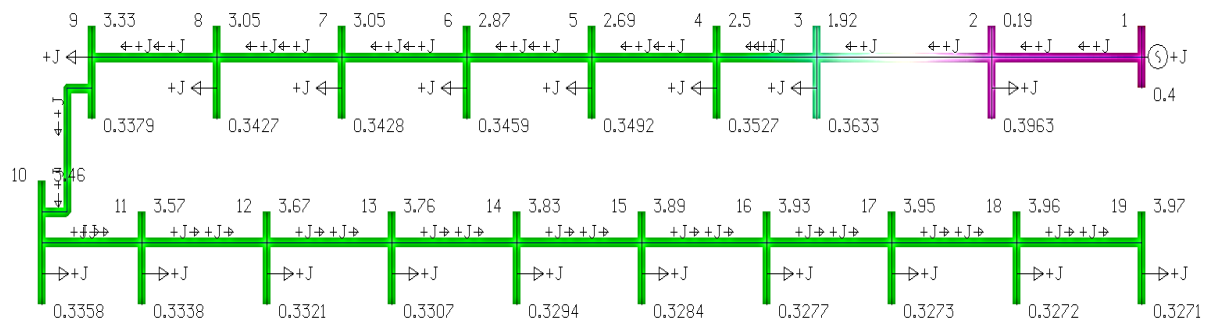


Рис. 2. Модель сети в RastrWin3 (исходный вариант, без СНЭ)

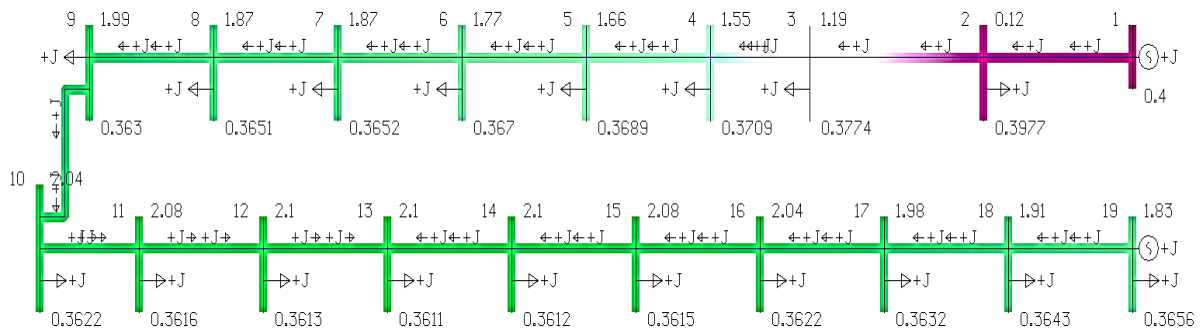


Рис. 3. Модель сети в RastrWin3 (эксперимент № 1)

Таблица 3. Результаты расчетов режимов напряжений U , кВ

№ узла	Без СНЭ	При поддержании минимально допустимого напряжения				При поддержании номинального напряжения			
		Место установки СНЭ, № узла и $S_{\text{СНЭ}}$							
		Узел № 4 $S_{\text{СНЭ}} = 31,5 \text{ кВА}$	Узел № 8 $S_{\text{СНЭ}} = 25,0 \text{ кВА}$	Узел № 13 $S_{\text{СНЭ}} = 18,5 \text{ кВА}$	Узел № 19 $S_{\text{СНЭ}} = 16,5 \text{ кВА}$	Узел № 4 $S_{\text{СНЭ}} = 50,0 \text{ кВА}$	Узел № 8 $S_{\text{СНЭ}} = 40,0 \text{ кВА}$	Узел № 13 $S_{\text{СНЭ}} = 29,0 \text{ кВА}$	Узел № 19 $S_{\text{СНЭ}} = 28,0 \text{ кВА}$
1	0,4000	0,4000	0,4000	0,4000	0,4000	0,4000	0,4000	0,4000	0,4000
2	0,3963	0,3989	0,3984	0,3978	0,3977	0,4004	0,3996	0,3987	0,3986
3	0,3633	0,3895	0,3847	0,3792	0,3774	0,4045	0,3964	0,3881	0,3871
4	0,3527	0,3866	0,3804	0,3733	0,3709	0,4060	0,3956	0,3849	0,3835
5	0,3492	0,3832	0,3791	0,3714	0,3689	0,4028	0,3954	0,3839	0,3824
6	0,3459	0,3799	0,3779	0,3697	0,3670	0,3997	0,3954	0,3830	0,3814
7	0,3428	0,3768	0,3768	0,3681	0,3652	0,3967	0,3954	0,3823	0,3805
8	0,3427	0,3768	0,3768	0,3680	0,3651	0,3967	0,3955	0,3823	0,3805
9	0,3379	0,3720	0,3720	0,3663	0,3630	0,3919	0,3908	0,3822	0,3803
10	0,3358	0,3699	0,3699	0,3656	0,3622	0,3898	0,3886	0,3824	0,3804
11	0,3338	0,3679	0,3679	0,3652	0,3616	0,3878	0,3867	0,3828	0,3807
12	0,3321	0,3662	0,3663	0,3650	0,3613	0,3862	0,3850	0,3835	0,3812
13	0,3307	0,3648	0,3648	0,3651	0,3611	0,3847	0,3836	0,3843	0,3820
14	0,3294	0,3635	0,3636	0,3639	0,3612	0,3835	0,3824	0,3831	0,3830
15	0,3284	0,3625	0,3626	0,3628	0,3615	0,3825	0,3814	0,3821	0,3843
16	0,3277	0,3618	0,3619	0,3621	0,3622	0,3818	0,3807	0,3814	0,3858
17	0,3273	0,3615	0,3615	0,3617	0,3632	0,3814	0,3803	0,3810	0,3877
18	0,3272	0,3613	0,3613	0,3615	0,3643	0,3812	0,3801	0,3809	0,3897
19	0,3271	0,3612	0,3612	0,3614	0,3656	0,3811	0,3800	0,3808	0,3918

Из таблицы 3 видно, что если напряжение в центре питания (узел № 1) составляет 0,400 кВ, то в наиболее удаленном узле № 19 напряжение будет составлять всего 0,327 кВ. Полученные значения напряжений сравниваем с номинальным напряжением и допустимым отклонением напряжения. Согласно ГОСТ 13109-97 [2] нормально допустимое отклонение от номинального напряжения электрической сети составляет $\pm 5\%$, что при номинальном напряжении 0,38 кВ соответствует 0,399–0,361 кВ. По результатам расчета можно сделать вывод, что снижение напряжения в узлах с № 4 по № 19 является недопустимым.

Некоторого повышения напряжения у потребителей можно было бы добиться путем повышения напряжения в центре питания выше 0,4 кВ, однако такой режим привел бы к перенапряжению в часы минимальных нагрузок у близко расположенных к ТП потребителей, что также является недопустимым [6].

Для решения проблемы с низким напряжением у удаленных потребителей в программе RastrWin3 выполнили четыре расчета (вычислительных эксперимента) режима работы схемы. В ходе экспериментов оценивали влияние установки СНЭ в разных узлах схемы на нормализацию напряжений в сети и обеспечение надлежащего уровня напряжений у удаленных потребителей.

Результаты вычислительных экспериментов необходимы для более четкого понимания, какая конкретная мощность СНЭ в разных узлах сети будет наиболее эффективной для нормализации напряжений и обеспечения стабильной работы сети, что позволит принять решение относительно выбора места установки СНЭ и ее мощности.

В первом эксперименте СНЭ располагается в узле № 19, который является самым удаленным на схеме. В процессе эксперимента мощность СНЭ повышали от 0 до тех пор, пока напряжение у всех потребителей не достигало сначала допустимых значений, а затем номинальных. Мощность СНЭ в данном эксперименте составила 16,5 кВА для поддержания минимально допустимого напряжения и 28 кВА для поддержания номинального напряжения.

Отметим, что самое низкое напряжение наблюдалось в узлах от № 11 до № 15 – 0,361 кВ. Это значение соответствует допустимому отклонению от номинального напряжения, что указывает на эффективность установки СНЭ в узле № 19 и говорит о том, что СНЭ успешно компенсирует потери напряжения и обеспечивает нормальную работу потребителей.

Во втором эксперименте СНЭ располагается в узле № 13. В процессе эксперимента мощность СНЭ повышали от 0 до тех пор, пока напряжение у всех потребителей не достигало сначала допустимых значений, а затем номинальных. В этом эксперименте мощность СНЭ составила 18,5 кВА для поддержания минимально допустимого напряжения и 29 кВА для поддержания номинального напряжения.

Самое низкое напряжение наблюдалось в узле № 19 – 0,36145 кВ. Это значение также соответствует допустимому отклонению от номинального напряжения. Таким образом, можно сделать вывод о том, что установка СНЭ мощностью от 18,5 кВА в узле № 13 позволяет эффективно стабилизировать напряжение в системе и обеспечивать надлежащую работу сети. Результат данного эксперимента подтверждает, что установка СНЭ в узле № 13 также эффективно справляется с задачей компенсации потерь напряжения и обеспечения нормализации работы сети, но мощность СНЭ необходимо увеличить относительно первого эксперимента с 16,5 до 18,5 кВА.

В третьем эксперименте СНЭ располагается в узле № 8. В этом случае мощность СНЭ составила 25 кВА для поддержания минимально допустимого напряжения и 40 кВА для поддержания номинального напряжения. Минимальное напряжение составило 0,3612 кВ. Это значение находится в пределах допустимого отклонения от номинального напряжения.

В четвертом эксперименте СНЭ располагается в узле № 4 (фактическое расположение СНЭ). Начиная с данного узла, напряжение имеет недопустимое отклонение от номинального. Также следует отметить, что так как узел № 4 является местом критического падения напряжения, то именно в нем следовало бы установить ВДТ, а не СНЭ.

В этом эксперименте мощность СНЭ составила 31,5 кВА для поддержания минимально допустимого напряжения и 50 кВА для поддержания номинального напряжения, что подтверждает правильность выбора преобразователя СНЭ мощностью 50 кВА при его установке в узле № 4.

Исходя из таблицы напряжений, составленной по результатам экспериментов, построены графики напряжений, представленные на рисунке 4. Анализируя эти графики, мы можем сделать выводы относительно оптимального места установки системы накопления энергии (СНЭ) и ее мощности, необходимой для нормализации напряжения.

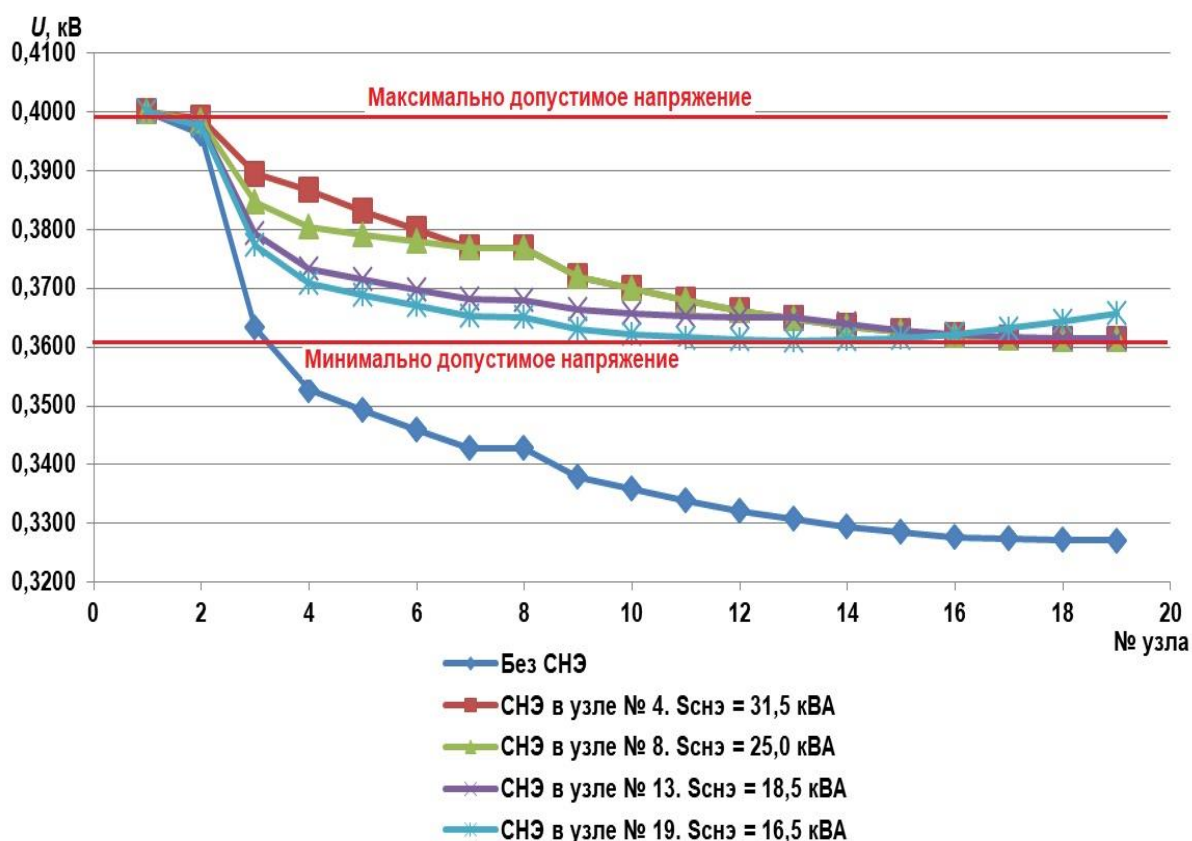


Рис. 4. Графики напряжений в узлах линии при работе СНЭ в режиме поддержания минимально допустимого напряжения у потребителей

Из рисунка 4 видно, что все эксперименты дают нужный эффект стабилизации напряжения выше минимально допустимых значений. Однако при установке СНЭ в узле № 19 потребуется наименьшая мощность СНЭ.

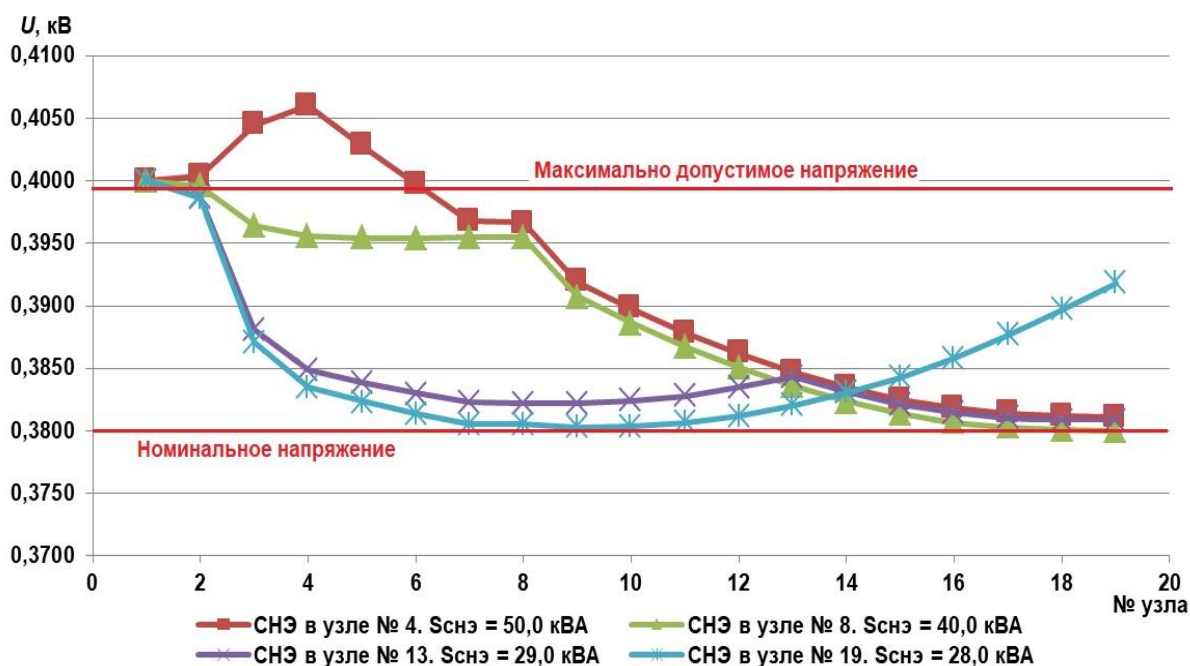


Рис. 5. Графики напряжений в узлах линии при работе СНЭ в режиме поддержания номинального напряжения у потребителей

Из рисунка 5 следует, что в режиме поддержания номинального напряжения при установке СНЭ в узле № 4 напряжение в узлах с № 2 по № 6 превышает максимально допустимые значения. То есть установка СНЭ в узле № 4 не позволяет использовать его в режиме поддержания номинального напряжения на полную мощность.

Основываясь на данных графиков и анализа результатов экспериментов, мы можем сделать вывод, что установка СНЭ мощностью 16,5 кВА в узле № 19 является оптимальным решением для нормализации напряжения в линии, так как позволяет минимизировать потребляемую мощность и снизить экономические затраты на ее установку и эксплуатацию.

Таким образом, можно сделать вывод, что узел № 19 является наиболее подходящим местом для установки СНЭ, так как в данном узле наблюдается самое низкое напряжение. Этот вывод можно масштабировать и на иные объекты распределительных сетей.

Также можно сделать заключение, что с технической точки зрения место установки СНЭ в рассматриваемой ВЛ 0,4 кВ выбрано ошибочно. По факту СНЭ была установлена вместо ВДТ только из условия удобства подъезда для эстетичной демонстрации проекта, используя топографические особенности местности. Наиболее целесообразна была бы установка СНЭ в узле № 19 (рис. 6).

На рисунке 6 представлена зависимость мощности СНЭ, необходимой для поддержания качественных характеристик напряжения у всех потребителей на линии, от места ее установки на линии. В зависимости от выбранного режима работы СНЭ при установке ее в узле № 4 диапазон мощностей должен находиться в интервале от 31,5 до 50,0 кВА, при установке в узле № 8 – от 25 до 40 кВА, при установке в узле № 13 – от 18,5 до 29,0 кВА, при установке в узле № 19 – от 16,5 до 28,0 кВА.

Кривые, представленные на рисунке 6, доказывают существенное влияние места расположения СНЭ на требуемую мощность СНЭ. При этом в рассматриваемой проблемной ВЛ 0,4 кВ требуемая мощность СНЭ может снизиться в 1,91–1,79 раза, что, в свою очередь, предопределяет выбор оборудования и экономичность всего проекта реконструкции ВЛ в целом.

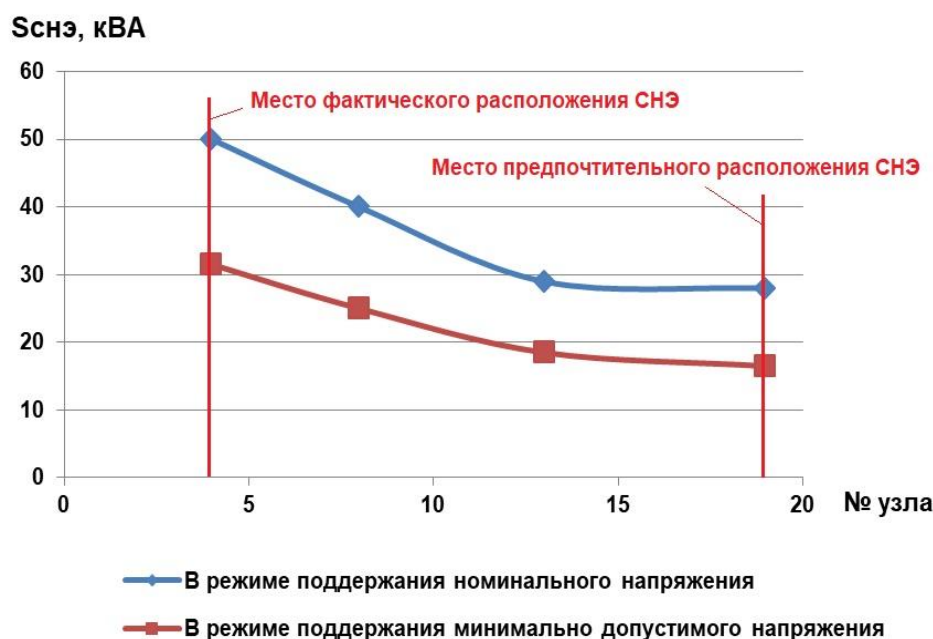


Рис. 6. Зависимость мощности СНЭ от места установки по длине линии, необходимой для поддержания качественного напряжения у потребителей, подключенных к линии

Дополнительно следует отметить, что результаты всех четырех экспериментов подтверждают значимость СНЭ в плане нормализации напряжения и повышения эффективности работы сети. Выбор оптимальной мощности и емкости СНЭ, а также правильное размещение в рамках сети играют ключевую роль в обеспечении стабильной работы и, как следствие, повышении удовлетворенности потребителей.

Выводы

Применение системы накопления электрической энергии (СНЭ) представляет собой эффективное решение для устранения возможных проблем с напряжением в распределительных сетях 0,4 кВ как наиболее предпочтительное при реконструкции проблемных воздушных линий. При проектировании новых ВЛ целесообразно применять традиционные методы разукрупнения нагрузок ТП с установкой дополнительных ТП и, как следствие, уменьшения длин линий.

В длинных радиальных линиях 0,4 кВ, выполненных проводом одного сечения, целесообразно устанавливать СНЭ в наиболее удаленной точке ВЛ, то есть в узле с наибольшим падением напряжения.

Сравнение применения вольтодобавочного трансформатора (ВДТ) и СНЭ некорректно, так как, хотя действие этих устройств и направлено на выполнение одной и той же задачи, это разные устройства, требующие разных подходов (методов) для определения их оптимального места расположения.

Правильный выбор системы накопления энергии и выбор места ее установки позволяют сократить расходы на строительство дополнительных потребительских подстанций и повысить эффективность работы сети в целом. Такой подход способствует достижению устойчивого и надежного энергоснабжения.

Системы накопления электрической энергии позволяют эффективнее управлять потреблением и сглаживать колебания нагрузки, что приводит к более стабильному и качественному энергоснабжению. Кроме того, установка СНЭ может способствовать оптимизации расходов на энергию и снижению нагрузки на существующую инфраструктуру.

Список источников

1. Герасименко А.А., Федин В.Т. Передача и распределение электрической энергии: учебное пособие. 2-е изд. Ростов н/Д: Феникс, 2008. 720 с.
2. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Москва: Изд-во Стандартов, 1997. 36 с.
3. ГОСТ Р 58092.1-2018. Системы накопления электрической энергии (СНЭЭ). Термины и определения (IEC 62933-1:2018, NEQ). Москва: Стандартинформ, 2018. 54 с.
4. ГОСТ Р 58092.2.2-2023. Системы накопления электрической энергии. Параметры установок и методы испытаний. Области применения и определение рабочих характеристик (IEC/TS 62933-2-2:2022, NEQ). Москва: Российский институт стандартизации, 2023. 62 с.
5. ГОСТ Р 58092.3.3-2023. Системы накопления электрической энергии. Проектирование и оценка рабочих параметров. Применения с преимущественным использованием энергии и резервного энергоснабжения (IEC/TS 62933-3-3:2022, NEQ). Москва: Российский институт стандартизации, 2023. 7 с.
6. Извеков Е.А., Дерканосова Н.М. Обоснование режимов работы систем накопления энергии // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе: материалы международной научно-практической конференции (Воронеж, 08–09 июня 2021 г.). Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. Ч. I. С. 385–392.
7. Извеков Е.А., Картавцев В.В., Лакомов И.В. Проектирование систем электроснабжения. Курсовое проектирование: учебное пособие для вузов. 3-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 152 с.
8. Извеков Е.А., Картавцев В.В. Оценка повышения надежности электроснабжения потребителя, резервируемого с помощью системы накопления энергии // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 2(73). С. 53–63. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_2_53.
9. Каталог кабельно-проводниковой продукции [Электронный ресурс] // КПС. Кабельная поисковая система. URL: https://k-ps.ru/spravochnik/provoda-izolirovannyye/dlya-vozdushnyix-linij-peredach/sip-2/provod-sip-2-3x50_1x50.html/ (дата обращения: 02.05.2024).
10. Модернизация ВЛ 0,4 кВ №1 ТП №28-47 ф.28 ПС 110/35/10 кВ Новоусманская с установкой накопителя электроэнергии (1 шт.), с. Новая Усмань Новоусманского района Воронежской области (код ИП ВР-3474). Проектная документация 20200807 ТКР. Белгород: ООО «СлавянСтрой», 2020. 68 с.
11. Поопорная схема ВЛ 0,4 кВ № 1 от ТП-28-47 ПС Новоусманская. Воронеж: Филиал ПАО «Россети Центр»-«Воронежэнерго», 2023. 3 с.
12. Система накопления энергии 40 кВт·ч. Модель MRSK2.0/ESS-50.40. Паспорт. Санкт-Петербург: ООО «Энер Зэт», 2020. 8 с.
13. СТО 34.01-3.2-013-2017. Вольтодобавочные трансформаторы. Общие технические требования [Электронный ресурс] // ПАО «Россети». URL: [https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1714740849&tld=ru&lang=ru&name=4293734160.pdf&text=вольтодобавочные%20трансформаторы%](https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1714740849&tld=ru&lang=ru&name=4293734160.pdf&text=вольтодобавочные%20трансформаторы%20) (дата обращения: 03.05.2024).
14. СТО 34.01-3.2.17-014.2-2020. Методические указания по применению вольтодобавочных трансформаторов (пунктов регулирования напряжения) 6-20 кВ и вольтодобавочных трансформаторов 0,4 кВ в линиях электропередачи распределительных сетей [Электронный ресурс] // ПАО «Россети». <https://www.rosseti.ru/upload/iblock/7a6/1gkxlaibh852wrqlr4ewclxwoa9yux.pdf> (дата обращения: 03.05.2024).
15. Техническая политика ОАО «МРСК Центра». 2010 [Электронный ресурс] // ПАО «Россети». URL: https://www.mrsk-1.ru/docs/tex_politic.pdf/ (дата обращения: 02.05.2024).

References

1. Gerasimenko A.A., Fedin V.T. Transmission and distribution of electrical energy: textbook. 2nd edition. Rostov on Don: Phoenix Publishers; 2008. 720 p. (In Russ.).
2. GOST 13109-97. Electric energy. Electromagnetic compatibility of technical equipment. Power quality limits in public electrical systems. Moscow: Publishing House of Standards; 1997. 36 p. (In Russ.).
3. GOST R 58092.1-2018. Electrical energy storage (EES) systems. Terms and definitions (IEC 62933-1: 2018, NEQ). Moscow: Standartinform Publishers; 2018. 54 p. (In Russ.).
4. GOST R 58092.2.2-2023. Electrical energy storage (EES) systems. Unit parameters and testing methods. Application and performance testing (IEC/TS 62933-2-2:2022, NEQ). Moscow: Russian Institute of Standardization Publishers; 2023. 62 p. (In Russ.).
5. GOST R 58092.3.3-2023 Electric energy storage systems. Planning and performance assessment. Energy intensive and backup power applications (IEC/TS 62933-3-3:2022, NEQ). Moscow: Russian Institute of Standardization Publishers; 2023. 37 p. (In Russ.).
6. Izvekov E.A., Derkanosova N.M. Justification of operating modes of energy storage systems. In: Energy efficiency and energy saving in modern production and society: Proceedings of the International Research-to-Practice Conference (Voronezh, June 08-09, 2021). Voronezh: Voronezh State Agrarian University Publishers. 2021;1:1385-392. (In Russ.).
7. Izvekov E.A., Kartavtsev V.V., Lakomov I.V. Design of power supply systems. Course design: study guide for graduate students. 3rd edition, stereotyped. St. Petersburg: Lan' Publishers; 2022. 152 p. (In Russ.). (In Russ.).
8. Izvekov E.A., Kartavtsev V.V. Evaluation of reliability improvement of electric power supply to a consumer reserved with the help of an energy storage system. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(2):53-63. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_2_53-63. (In Russ.).
9. Catalog of cable and wire products. CBSE Official Website. Cable Business Search Engine. URL: https://k-ps.ru/spravochnik/provoda-izolirovannyie/dlya-vozdushnykh-linij-peredach/sip-2/provod-sip-2-3x50_1x50.html/. (In Russ.).
10. Modernization of 0.4 kV overhead line No. 1 TP № 28-47 f. 28 PS 110/35/10 kV Novousmanskaya with installation of an electric power storage unit (1 pc.), Novaya Usman, Novousmansk District, Voronezh Oblast (IP code BP-3474). Project documentation 20200807 TPD. Belgorod: OOO SlavyanStroy; 2020. 68 p. (In Russ.).
11. Suspension towers spacing circuit of 0.4 kV overhead line No. 1 from TP-28-47 Novousmanskaya substation. Voronezh: Branch of PAO Rosseti Center-Voronezhenergo; 2023. 3 p. (In Russ.).
12. Energy storage system of 40 kWh. MRSK2.0/ESS-50.40 model. Customer Data Sheet. St. Petersburg: OOO Ener Zet 2020. 8 p. (In Russ.).
13. STO 34.01-3.2-013-2017. Additional voltage transformers. General technical requirements. Official Website of PAO Rosseti. URL: <https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1714740849&tld=ru&lang=ru&name=4293734160.pdf&text=вольтодобавочные%20трансформаторы%20>. (In Russ.).
14. STO 34.01-3.2.17-014.2-2020. Guidelines for the use of 6-20 kV compensator transformers (voltage regulation points) and 0.4 kV compensator transformers in power transmission lines of electrical power distribution networks. Official Website of PAO Rosseti. URL: <https://www.rosseti.ru/upload/iblock/7a6/1gkxlaibhj852wrqlr4ewclxwoa9yyx.pdf>. (In Russ.).
15. Technical Policy of Interregional Electrical Power Distribution Company. 2010. Official Website of PAO Rosseti. URL: https://www.mrsk-1.ru/docs/tex_politic.pdf/. (In Russ.).

Информация об авторе

Е.А. Извеков – кандидат технических наук, доцент кафедры электротехники и автоматики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», izvek@yandex.ru.

Information about the author

E.A. Izvekov, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Electrical Engineering and Automation, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, izvek@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 20.10.2024; одобрена после рецензирования 15.12.2024; принята к публикации 26.12.2024.

The article was submitted 20.10.2024; approved after reviewing 15.12.2024; accepted for publication 26.12.2024.

© Извеков Е.А., 2025

4.3.2. ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 621.423.31

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2025_1_96

EDN: LWJDXI

Совершенствование защиты асинхронных электроприводов

Наталья Анатольевна Мазуха^{1✉}, Дмитрий Николаевич Афоничев²^{1, 2} Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
Воронеж, Россия¹ nat052005@yandex.ru✉

Аннотация. Благодаря высокой надежности, простоте конструкции, сравнительно невысокой стоимости асинхронные электродвигатели находят все более широкое применение в сельском хозяйстве. Они обычно рассчитаны на срок службы 15–20 лет без капитального ремонта при условии их правильной эксплуатации. В реальных условиях возможны значительные отступления от предполагаемых режимов эксплуатации (например плохое качество питающего напряжения, перегрузки, снижение сопротивления изоляции, нарушение охлаждения). Такие отклонения приводят к авариям и большому материальному ущербу, обусловленному остановкой технологического процесса в связи с устранением последствий аварий, ремонтом вышедшего из строя электропривода. Применение современных аппаратов и схем защиты позволяет значительно сократить количество и частоту сбоев в работе оборудования, продлить срок службы электроприводов, сократить эксплуатационные расходы. Предлагаемая защита срабатывает при заклинивании, примерзании, обрыве фазы с отстройкой от кратковременного броска пускового тока за счет использования реле времени. В существующую схему группового электропривода добавлены токовые реле, реле контроля изоляции, а также реле обрыва фаз. В рекомендуемой авторами схеме затяжной пуск транспортера, например при проскальзывании ленты на приводном барабане или ее обрыве, будет замечен защитой. При перегреве подшипников приводных барабанов и при образовании завала в местах подачи груза схема управления также обеспечивает остановку транспортеров из нескольких точек участка. Реле минимального тока позволит для экономии электрической энергии исключить ненужную работу линии при разгрузившихся транспортерах. В отличие от традиционных, все еще распространенных схем защиты использование дополнительных устройств защиты поможет обеспечить более эффективную работу электродвигателей, а значит, исключить сбой технологических процессов.

Ключевые слова: электродвигатель, электропривод, реле обрыва фаз, реле контроля изоляции, токовое реле, реле времени, магнитный пускатель, поточная линия

Для цитирования: Мазуха Н.А., Афоничев Д.Н. Совершенствование защиты асинхронных электроприводов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2025. Т. 18, № 1(84). С. 96–102. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_96–102.

4.3.2. ELECTROTECHNICS, ELECTRICAL EQUIPMENT AND ELECTRICAL POWER SUPPLY FOR AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX (ENGINEERING SCIENCES)

Original article

Improving the protection of asynchronous electric drives

Natalya A. Mazukha^{1✉}, Dmitriy N. Afonichev²^{1, 2} Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia¹ nat052005@yandex.ru✉

Abstract. Due to high reliability, simplicity of design, and relatively low cost, asynchronous electric motors are increasingly being used in agriculture. They are usually designed for a service life of 15–20 years without major repairs, provided they are operated correctly. In real conditions, significant deviations from the expected operating modes are possible (for example, poor supply voltage quality, overloads, reduced insulation resistance, and breakdown of cooling). Such deviations lead to accidents and large material damage caused by technological process shutdown in connection with the elimination of the consequences of accidents, repair of a failed electric drive. The use of modern devices and protection schemes can significantly reduce the number and frequency of equipment failures, extend the service life of electric drives, and reduce operating costs. The proposed protection is triggered by jamming, freezing, phase interruption with offset from a short-term surge of in-rush current due to the use of a time relay. Current relays, isolation monitoring relays, and phase break relays have been added to the existing circuit of the group electric drive. In the scheme recommended by the authors, a prolonged start of the conveyor, for example, when the belt on the drive drum slips or breaks, will be registered by the protection. When the bearings of the drive drums overheat and blockage forms at the loading points, the control circuit also ensures that the conveyors stop from several points on the site. The minimum current relay will allow saving electrical energy and eliminating unnecessary line operation when the conveyors are unloaded. Unlike traditional protection schemes that are still widespread, the use of additional protection devices will provide more efficient operation of electric motors, which means that technological processes cannot fail.

Keywords: electric motor, electric drive, phase break relay, isolation monitoring relay, current relay, time relay, magnetic starter, flow line

For citation: Mazukha N.A., Afonichev D.N. Improving the protection of asynchronous electric drives. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2025;18(1):96-102. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_96-102.

Введение

Надежная работа электрооборудования является одним из условий нормального функционирования сельскохозяйственного производства за счет своевременного контроля и сохранения работоспособности машин и оборудования. При этом необходимость повышения эффективности защиты асинхронных электроприводов является очевидной, если учесть реальную возможность нештатных ситуаций в сельскохозяйственном производстве [1, 4, 6]. Факторами, вызывающими аварийные режимы, могут являться: перегрузка по моменту, снижение напряжения, несимметрия трехфазного напряжения, обрыв одной из фаз и др. [2, 3, 10].

Поточные линии все шире используются в сельскохозяйственном производстве. Использование поточных линий при производстве и раздаче кормов, уборке навоза и помета, сортировке и хранении зерна и в других процессах позволяет сократить численность работников, улучшить качество продукции, значительно повысить производительность труда и облегчить труд персонала. Концентрация рабочих машин, размещение их в разных местах по территории участков, строгое регламентирование режимов предъявляют ряд обязательных требований к схемам управления поточными линиями, в том числе требуют простоты и надежности этих схем [5, 7].

Описание усовершенствованной схемы

Для защиты электроприводов от различных аварийных и нештатных ситуаций усовершенствована схема группового электропривода поточной линии. Для сохранения требуемых размеров элементов по требованиям ГОСТ схема разделена на два рисунка (рис. 1 и 2).

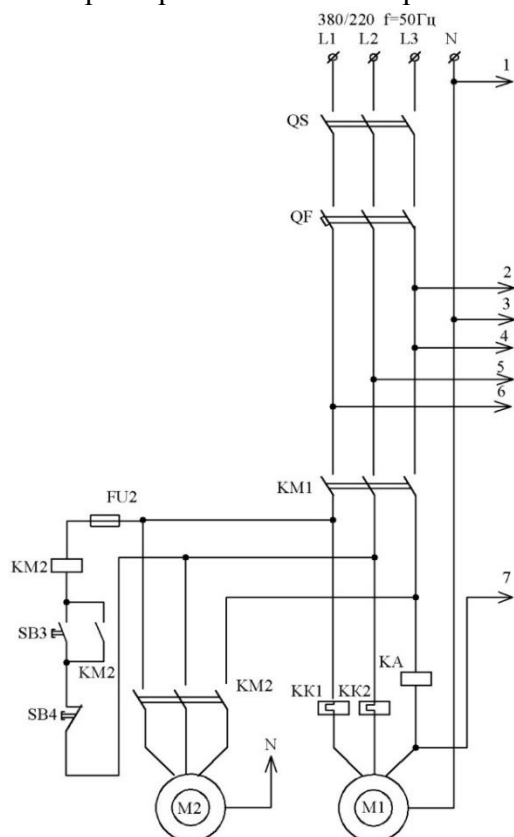


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема группового электропривода (силовая цепь)

На схеме используются следующие буквенные обозначения:

- L1, L2, L3 – фазы питающей сети;
- N – нулевой провод;
- QF – автоматический выключатель;
- QS – разъединитель;
- KM1, KM2 – магнитные пускатели;
- KK1, KK2 – электротепловые реле;
- KA – максимальное токовое реле;
- M1, M2 – электродвигатели;
- FU1, FU2 – предохранители;
- KT – реле времени;
- KV – реле напряжения;
- SB1–SB4 – кнопочные выключатели;
- R1, R2 – резисторы;
- HL1, HL2 – сигнальные лампочки;
- A1 – реле контроля изоляции;
- A2 – реле обрыва фаз.

В существующую схему добавлены максимальное токовое реле КА, реле контроля изоляции А1, а также реле обрыва фаз А2.

Реле обрыва фаз А2 защищает от следующих аварийных ситуаций: обрыв одной из фаз до пуска, обрыв фазы на ходу, неправильный порядок следования фаз, симметричное снижение напряжения, несимметричное снижение напряжения. При токовой перегрузке (заклинивание, примерзание, обрыв фазы L1 или L2) защита срабатывает с отстройкой от кратковременного броска пускового тока (за счет реле времени с использованием промежуточного реле при необходимости для усиления контактов, если в схеме используется малогабаритное реле времени).

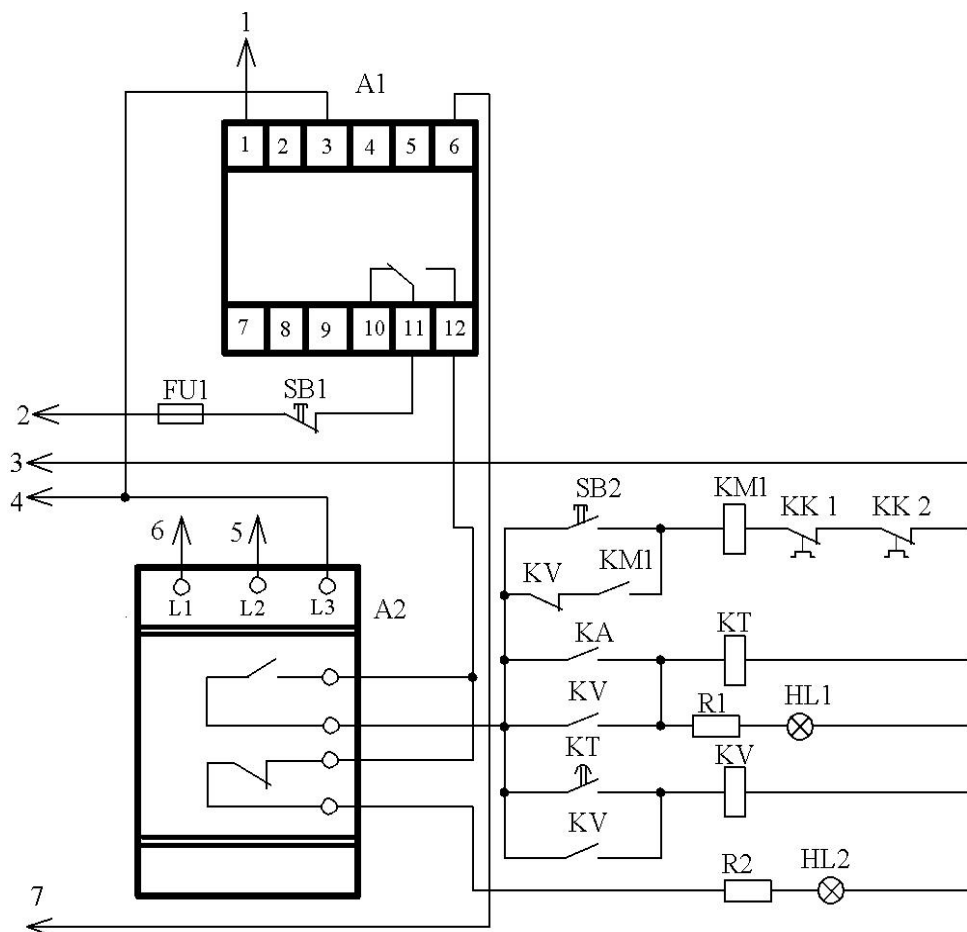


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема группового электропривода (цепь управления общая)

Реле контроля изоляции А1 предназначено для контроля сопротивления изоляции в обмотках электродвигателей в одно- и трехфазных сетях переменного тока. Особенности реле являются: диапазон контроля сопротивления изоляции 0,5...1 мОм; гальваническая развязка между исполнительными реле и цепью питания; максимальный ток нагрузки 16 А. Если сопротивление изоляции электродвигателя в норме, то есть в пределах допустимого, то замыкается контакт 11-12 реле А1 и пуск двигателя разрешен. В противном случае, если сопротивление изоляции ниже нормы, то контакт 11-12 разомкнут, следовательно, пуск двигателя осуществлен не будет.

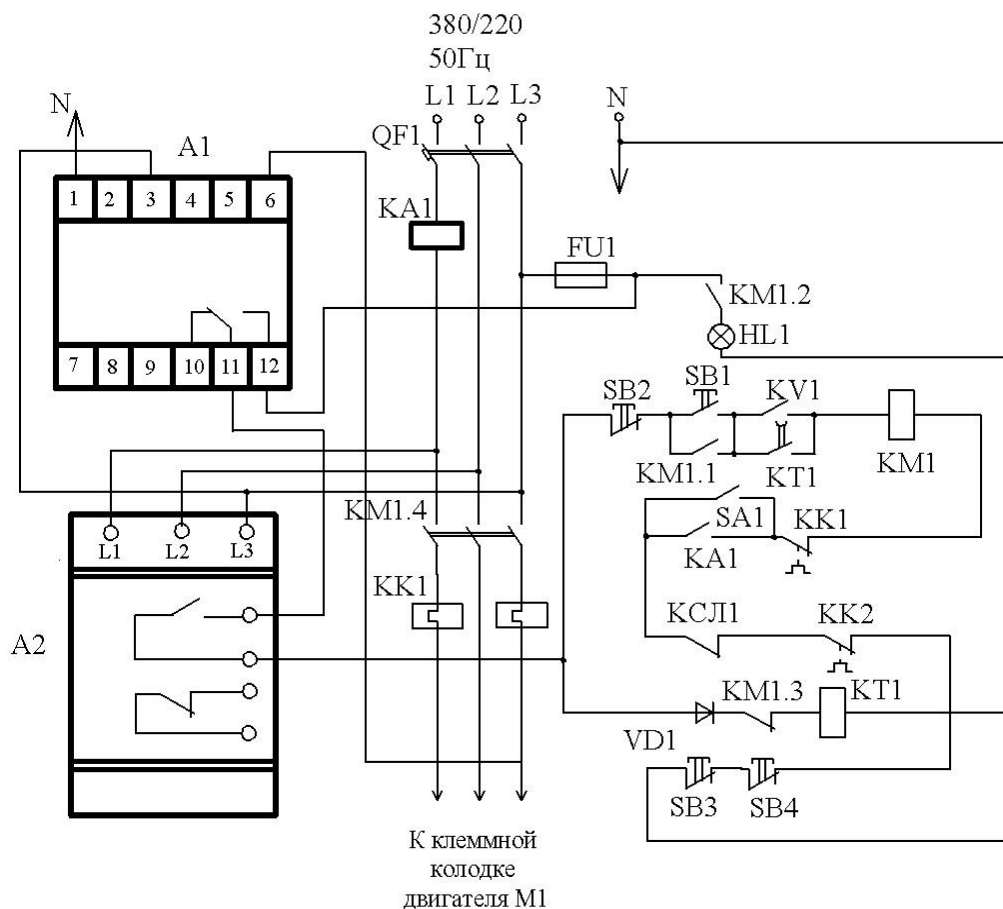
Рассмотрим работу схемы. Для включения электродвигателя необходимо включить разъединитель QS, автоматический выключатель QF, нажать кнопку SB2 «Пуск». Если сопротивление изоляции электродвигателя в норме, то замыкается контакт 11-12 устройства А1. При полнофазном трехфазном питании на устройстве А2 его замыкающий контакт замыкается, при нажатии на кнопку SB2 подается питание на катушку магнитного пускателя KM1, запускается двигатель M1.

Пусковой ток заставляет срабатывать реле максимального тока КА, замыкается контакт КА в цепи катушки реле времени КТ, загорается лампочка HL1. Выдержка времени контакта КТ настроена на время несколько большее, чем время протекания пускового тока, следовательно, при пуске он не замкнется. После того, как ток уменьшится и контакт КА разомкнется, лампочка HL1 погаснет, что указывает на нормальный запуск электродвигателя. Благодаря световой индикации оператор может следить за контролем запуска асинхронного двигателя и своевременно вносить коррективы в работу схемы.

Работа двигателя М2 зависит от работы двигателя М1. Если изоляция двигателя М1 ухудшилась, то контакт 11-12 устройства А1 размыкается, отключается пускатель КМ1 и автоматически отключается пускатель КМ2.

На практике при построении разных вариантов схем управления поточными линиями по аналогии можно использовать дополнительную защиту при плохой изоляции и второго двигателя [8, 9]. При токовой перегрузке во время работы двигателя с выдержкой времени замыкается контакт КТ, подается питание на катушку КV, размыкается контакт КV в цепи катушки КМ1, отключается двигатель М1. Лампочка HL2 загорается в случае аварийной ситуации, на которую среагировало устройство А2. Современные аппараты, выпускаемые электротехническими фирмами, позволяют в электрических схемах управления поточными линиями автоматизировать ряд операций и одновременно обеспечить нужную защиту оборудования и асинхронных электродвигателей.

Предлагаемая схема управления поточной линией может быть использована для различных технологических процессов в животноводстве и растениеводстве. Рассмотрим вариант использования дополнительной защиты двигателей в схеме управления поточной линией с двумя двигателями М1 и М2 на примере двигателя М1 (рис. 3).



В схеме, показанной на рисунке 3, приняты такие буквенные обозначения:

QF1 – автоматический выключатель;

KM1 – пускатель;

M1 – электродвигатель;

FU1 – предохранитель;

A1 – реле контроля изоляции;

A2 – реле контроля напряжения;

KA1 – реле минимального тока;

SB1–SB4 – кнопки;

KK1 – тепловое реле;

SA1 – выключатель;

KV1 – реле напряжения;

HL1 – сигнальная лампа;

КСЛ1 – контакт защиты для контроля схода ленты;

VD1 – диод;

KT1 – реле времени;

KK2 – реле контроля перегрева подшипников приводных барабанов.

Выключатель SA1 надо включить перед пуском и выключить после пуска двигателя M1.

Затянувшийся пуск транспортера в случае, например, неисправности электродвигателя, проскальзывания ленты на приводном барабане или ее обрыва будет замечен защитой. Схема управления также обеспечивает остановку транспортеров из нескольких точек участка (при перегреве подшипников приводных барабанов и при образовании завала в местах подачи груза).

При подаче питания на катушку пускателя KM1 переключаются его контакты KM1.2, KM1.3. Контакт KM1.1 шунтирует кнопку SB1, а контакт KM1.2 включает лампу сигнализации HL1. Разомкнувшийся контакт KM1.3 отключает катушку реле времени KT1. При этом пришедший в движение шкив транспортера приводит, в свою очередь, в движение якорь Я1, поэтому растет напряжение на катушке реле KV1. При достижении транспортером рабочей скорости реле KV1 своим контактом шунтирует контакт KT1, при этом последний к этому времени должен еще оставаться замкнутым. С выдержкой времени размыкается контакт KT1 в цепи катушки KM1, но катушка KM1 продолжает получать питание через контакт KV1. Если за время, необходимое для разгона, первый транспортер не разгонится, то контакт KT1 разомкнется до того, как замкнется контакт KV1, поэтому двигатель M1 остановится, то есть пуск поточной линии не состоится. При этом реле KV1 отключится. Отметим, что такой прием использования реле времени важен также и при проскальзывании, например, ленты по шкиву, что может привести к загоранию ленты.

Пуск двигателей поточной линии должен осуществляться в направлении против хода продукта.

Для остановки поточной линии можно нажать кнопки SB3 или SB4, которые расположены специально в разных местах участка. При этом сначала пускатель KM1 отключает двигатель M1, а после остановки первого транспортера отключается пускатель KM2 (эта часть схемы не приводится).

Рассмотрим несколько подробнее работу различных защит в представленной схеме. На рисунке 3 показана защита от токов перегрузки с использованием теплового реле в пускателе и теплового расцепителя в автоматическом выключателе и защита от токов короткого замыкания с использованием электромагнитного расцепителя в автоматическом выключателе. Реле контроля изоляции A1 является современным устройством защиты, его применение в электроприводах сельскохозяйственного назначения с

возможной технологической перегрузкой просто необходимо. Для защиты электродвигателей при обрыве фазы сети, неправильном порядке следования фаз, пониженном напряжении в сети и асимметрии фазных напряжений в схеме предусмотрено реле А2. Например, при обрыве одной из фаз на ходу выше точек подключения реле размыкается замыкающий контакт реле А2, снимается питание с катушки пускателя КМ1, а значит, двигатель М1 отключается. При сходе ленты первого или второго транспортера контакт реле КСЛ1 отключит пускатель КМ1.

Реле минимального тока КА1, а также выключатель SA1 позволяют для экономии электрической энергии исключить ненужную работу линии при разгрузившихся транспортерах и при заранее разомкнутом оператором выключателе SA1. В режиме наладки или при пуске транспортеров в холостом режиме для включения пускателя КМ1 выключатель SA1 надо включить.

Выводы

1. В существующую схему группового электропривода добавлены реле нового поколения: контроля изоляции, контроля фаз, а также реле максимального и минимального тока для более комплексного использования защиты в различных аварийных ситуациях. Предложено одновременно использовать защиту для контроля схода ленты транспортера. Схема позволяет использовать защиту при перегреве подшипников приводных барабанов и при образовании завала в местах подачи груза.

2. Реле контроля изоляции позволяет обнаружить потерю изоляцией своих свойств еще на ранних этапах ее разрушения. Использование этого устройства позволяет решить проблемы, связанные с ложными срабатываниями и аварийными отключениями рабочих машин. Реле контроля фаз используется для обеспечения контроля за наличием и симметрией напряжения, порядком следования фаз, оно обеспечивает защиту от асимметричности фазных напряжений и при обрыве фазы. Максимальная токовая защита срабатывает при заклинивании, примерзании, обрыве фазы (она также реагирует на пусковой ток), поэтому реле времени в данном случае используется для исключения отключения двигателя во время пуска. Реле минимального тока позволит исключить ненужную работу линии при разгрузившихся транспортерах для экономии электрической энергии.

3. В схеме предусмотрена защита при проскальзывании (обрыве) ленты на приводном барабане. Также возможна остановка транспортеров из нескольких точек участка, например при перегреве подшипников приводных барабанов и при образовании завала в местах подачи груза.

Список источников

1. Епифанов А.П., Гущинский А.Г., Малайчук Л.М. Электропривод в сельском хозяйстве: учебное пособие. 2-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2016. 224 с.
 2. Кабдин Н.Е., Сторчевой В.Ф. Электропривод: учебник. Москва: МЭСХ Механизация и электрификация сельского хозяйства, 2021. 284 с.
 3. Карташев И.И., Тульский В.Н., Шамонов Р.Г. и др. Управление качеством электроэнергии. Москва: Издательский дом МЭИ, 2017. 347 с.
-

4. Коломиец А.П., Кондратьева Н.П., Владыкин И.Р. и др. Электропривод и электрооборудование: учебник. Москва: Колос, 2008. 328 с.
5. Мазуха Н.А., Бочарников Н.А., Лебединский А.А. Защита асинхронных электродвигателей // Наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: материалы международной научно-практической конференции (Воронеж, 24–25 ноября 2020 г.). Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2020. С. 247–250.
6. Мазуха Н.А. Защита двигателей навозоуборочных транспортеров в коровниках // Ремонт, восстановление, модернизация. 2016. № 8. С. 12–15.
7. Онищенко Г.Б. Электрический привод: учебник для вузов. Москва: РАСХН, 2003. 320 с.
8. Оськин С.В., Моргун С.М., Богатырев Н.И. Автоматизированный электропривод: учебное пособие. Краснодар: ОАО «Кубанское полиграфическое издание», 2014. 212 с.
9. Сеньков А.Г., Дайнеко В.А. Электропривод и электроавтоматика: учебное пособие. Минск: Республиканский институт профессионального образования РИПО, 2020. 177 с.
10. Bollen M.H.J. Understanding power quality problems. Voltage Sags and Interruptions. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2000. 551 p.

References

1. Epifanov A.P., Guschinsky A.G., Malaychuk L.M. Electric drive in agriculture: textbook. 2nd edition, stereotyped. Saint Petersburg: Lan' Publishers; 2016. 224 p. (In Russ.).
2. Kabdin N.E., Storchevov V.F. Electric drive: textbook. Moscow: Mechanization and electrification of agriculture Publishers; 2021. 284 p. (In Russ.).
3. Kartashev I.I., Tulsy V.N., Shamonov R.G. et al. Electricity quality management. Moscow: Moscow Power Engineering Institute Publishers; 2017. 347 p. (In Russ.).
4. Kolomiets A.P., Kondratieva N.P., Vladykin I.R. et al. Electric drive and electrical equipment: textbook. Moscow: Kolos Publishers; 2008. 328 p. (In Russ.).
5. Mazukha N.A., Bocharnikov N.A., Lebedinsky A.A. Protection of asynchronous electric motors. In: Science and Education at the Present Stage of Development: Experience, Problems and Ways to Solve them: Proceedings of the International Research-to-Practice Conference (Voronezh, November 24-25, 2020). Voronezh: Voronezh State Agrarian University Publishers; 2020:247-250. (In Russ.).
6. Mazukha N.A. Protection of manure-cleaning conveyors motors in barns. *Repair, Reconditioning, Modernization*. 2016;8:12-15. (In Russ.).
7. Onishchenko G.B. Electric drive: textbook for universities. Moscow: Russian Academy of Agricultural Sciences Publishers; 2003. 320 p. (In Russ.).
8. Oskin S.V., Morgun S.M., Bogatyrev N.I. Automated electric drive: textbook. Krasnodar: Kuban Polygraphic Publishing House; 2014. 212 p. (In Russ.).
9. Senkov A.G., Daineko V.A. Electric drive and electroautomatics: textbook. Minsk: Republican Institute of Professional Education Publishers; 2020. 177 p. (In Russ.).
10. Bollen M.H.J. Understanding power quality problems. Voltage Sags and Interruptions. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.; 2000. 551 p.

Информация об авторах

Н.А. Мазуха – кандидат технических наук, доцент кафедры электротехники и автоматики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», nat052005@yandex.ru.

Д.Н. Афоничев – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой электротехники и автоматики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», dmafonichev@yandex.ru.

Information about the authors

N.A. Mazukha, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Electrical Engineering and Automation, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, nat052005@yandex.ru.

D.N. Afonichev, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department of Electrical Engineering and Automation, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, dmafonichev@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 11.12.2024; одобрена после рецензирования 20.01.2025; принята к публикации 02.02.2025.

The article was submitted 11.12.2024; approved after reviewing 20.01.2025; accepted for publication 02.02.2025.

© Мазуха Н.А., Афоничев Д.Н., 2025

4.3.2. ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И
ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА
(ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 621.311:63

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2025_1_103

EDN: LYSOIC

Систематизация причин отключений в сельских электрических сетях**Алина Васильевна Виноградова¹, Александр Владимирович Виноградов^{2✉}**^{1, 2} Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия² winaleksandr@gmail.com✉

Аннотация. Современный этап развития сельского хозяйства характеризуется сложностью и энергоемкостью производственных процессов, ростом мощностей различных машин и агрегатов. Надежная работа электрооборудования и электрических сетей является одним из условий нормального функционирования отрасли. Знание причин отключений позволяет своевременно проводить эксплуатационные мероприятия для обеспечения бесперебойного электроснабжения потребителей. Исследование литературных источников выявило отсутствие четкой классификации причин отключений, поэтому целью работы является анализ статистических данных и систематизация причин отключений. Существующие методики оценки причин отключений сельских электрических сетей предусмотрены только для линий электропередачи 35 кВ и выше. На более низкий класс напряжения сетей нормативная документация отсутствует, причины отключений в журналах указываются в свободной форме, что является источником неточностей и затрудняет устранение слабых мест в системе электроснабжения потребителей. Был выполнен анализ статистических данных по отключениям в сельских электрических сетях напряжением 0,4 кВ, имевших место в Орловской области в 2018–2023 гг. Аварийные отключения на более чем 12 000 ВЛ электропередачи общей протяженностью порядка 10 000 км были разбиты по месяцам и причинам. Показано, что наибольшее количество аварийных отключений приходится на период с мая по сентябрь, что связано не только с физическим и моральным износом оборудования при увеличении нагрузок в электрических сетях, но и грозовой активностью и несвоевременными санитарными вырубками вдоль трасс. Предложена классификация, включающая деление отключений по видам на преднамеренные и аварийные с указанием и конкретизацией причин, что упрощает обработку данных по отключениям, позволяет выявлять наиболее значимые их причины и первопричины и проводить мероприятия по повышению надежности электрических сетей. Систематизацию причин рационально закрепить нормативно-правовыми документами в электроэнергетике.

Ключевые слова: аварийные отключения, плановые отключения, сельские электрические сети, статистические данные, журнал отключений

Для цитирования: Виноградова А.В., Виноградов А.В. Систематизация причин отключений в сельских электрических сетях // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2025. Т. 18, № 1(84). С. 103–111. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_103-111.

4.3.2. ELECTROTECHNICS, ELECTRICAL EQUIPMENT AND ELECTRICAL
POWER SUPPLY FOR AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX (ENGINEERING SCIENCES)

Original article

Systematization of causes of power outages in rural electrical networks**Alina V. Vinogradova¹, Aleksandr V. Vinogradov^{2✉}**^{1, 2} Federal Scientific Agroengineering Centre VIM, Moscow, Russia² winaleksandr@gmail.com✉

Abstract. The current stage of agricultural development is characterized by the complexity and energy intensity of production processes, and the increasing capacity of various machines and aggregates. Reliable operation of electrical equipment and electrical networks is one of the conditions for the normal functioning of the industry. Analysis of the causes of outages in rural electric networks allows timely operational measures to ensure uninterrupted power supply to consumers. A study of literature references revealed the lack of a clear classification of the causes of outages, so the purpose of the work was to study statistical data and systematize the causes of outages. The existing methods for assessing the causes of rural power outages are provided only for power transmission lines of 35 kV and above. There is no regulatory documentation for a lower network

voltage class, and the reasons for outages are indicated in the logs in free form, which is a source of inaccuracies and makes it difficult to eliminate weaknesses in the consumer power supply system. An analysis of statistical data on outages in rural electrical networks with voltage of 0.4 kV in Orel Oblast for the period of 2018-2023 was performed. Emergency shutdowns on more than 12,000 overhead transmission lines with a total length of about 10,000 km were divided according to month and cause. It is shown that the largest number of emergency shutdowns occurs in the period from May to September, which is associated not only with physical and moral wear and tear of equipment with increased loads in electrical networks, but also with thunderstorm activity and untimely sanitary deforestation along the path. A classification is proposed that includes dividing outages by type into intentional and emergency ones, indicating and specifying the causes, which simplifies the processing of data on outages, allows identifying their most significant causes and root causes, and taking measures to improve the reliability of electrical networks. Systematization of the causes should be rationally fixed by regulatory documents in the electric power industry.

Keywords: emergency outages, planned outages, rural electrical networks, statistical data, outage log

For citation: Vinogradova A.V., Vinogradov A.V. Systematization of causes of power outages in rural electrical networks. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2025;18(1):103-111. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_103-111.

Современный этап развития сельского хозяйства характеризуется сложностью и энергоемкостью производственных процессов, ростом мощностей различных машин и агрегатов в целом. Надежная работа электрооборудования и электрических сетей является одним из условий нормального функционирования сельскохозяйственного производства, при этом необходимость повышения эффективности защиты является очевидной, если учесть реальную возможность возникновения нештатных ситуаций в сельскохозяйственном производстве.

Знание причин отключений в сельских электрических сетях позволяет своевременно проводить эксплуатационные мероприятия для обеспечения бесперебойного электроснабжения потребителей. Исследование литературных источников выявило отсутствие четкой классификации причин отключений, поэтому целью работы является анализ статистических данных и систематизация причин отключений.

И. Бандурин и О. Садченкова, исследовав возможности повышения надежности электроснабжения распределительных сетей сельскохозяйственного назначения, приводят вариант классификации плановых и аварийных отключений, а также разрабатывают мероприятия по сокращению количества и времени отказов [1]. Авторы предлагают плановые отключения разделить на технические и экономические, а аварийные – на отключения из-за природных явлений и других причин. Следует отметить, что разработанные авторами комплексные мероприятия, включающие как организационные (повышение требований к эксплуатационному персоналу, повышение квалификации персонала), так и технические, связанные с реконструкцией, модернизацией и строительством сетей, позволяют сократить недоотпуск электроэнергии на 20–30% по сравнению со стратегиями, применяющимися в эксплуатации.

Е.А. Сбитнев и М.С. Жужин, рассмотрев статистику аварийности сельских электрических сетей 0,38 кВ Нижегородской области за период 2016–2019 гг., отмечают, что на долю ВЛ 0,38 кВ приходится 43% от всех отключений, на которые помимо эксплуатационных влияют и другие факторы, такие как климатическое (сильный ветер, выпадения агрессивных осадков) и/или постороннее вмешательство (изменения стрелы провеса, обрыв проводов), а также сложность контролирования технического состояния ВЛ и элементов энергосистемы [11]. Авторы акцентируют внимание на то, что самое большое количество аварийных ситуаций по сравнению с другими происходит «по неустановленным причинам».

А.А. Коннов на основе анализа проблем аварийности в электрических сетях Нижегородской области за 2019 г. представляет следующее распределение более 1000 технологических нарушений (ТН) по классам напряжения: 0,4 кВ – 72%; 6–10 кВ – 27%; 35–110 кВ – 1% [7]. Многие технологические нарушения произошли под воздействием погодных условий, таких как гроза, порывистый ветер и др. Показано, что воздушные линии электропередач наиболее подвержены воздействию атмосферных явлений (около 9% ТН произошли в плохую погоду). Наиболее распространенной причиной ТН на линиях электропередач является обрыв проводов из-за посторонних предметов (деревья, ветки, попадание молнии) и повреждения изоляторов. В летние месяцы высокие температуры негативно влияют на работу высоковольтных линий, в то время как в зимнее время года основными причинами обрывов ВЛ являются некачественный монтаж (перетяжка, плохая вязка проводов и др.), образование большого количества наледи и пр. При этом основной вывод автора аналогичен данным других исследователей: около 58% отключений происходит «по неустановленным причинам».

М.Ю. Комаровым дана комплексная оценка технического состояния и уровня эксплуатации оборудования предприятий распределительного комплекса Дальневосточного региона [6]. Автором отмечено, что интенсивность потока аварийных отключений носит сезонный характер и имеет определенную периодичность и закономерность. В сетях напряжением 6–10 кВ выделяются следующие причины отключений: повреждение опоры (11%), повреждение изоляции (22%), повреждения на участках смежных организаций (11%), перекрытия на проводах ВЛ (13%), повреждение провода, грозозащитного троса, шлейфа (17%), падение деревьев на провода (12%), прочие (15%). Предложен алгоритм статистического анализа и использование его результатов в оценке производственной деятельности.

А.В. Виноградовым, М.М. Шабаетовым и Р.С. Юркиным [4] проведено исследование структуры распределительных электрических сетей 10 и 0,4 кВ Кондровского РЭС Калужской области, расположенных на площади 1090 км². Анализ видов и количества повреждений показал, что основными причинами повреждения воздушных линий являются схлестывание и обрыв проводов, грозовые перекрытия изоляции, ветровые нагрузки, ослабление прочности деталей опор и др. Повреждения ВЛ возможны и в нормальных условиях работы из-за повышения фактических электрических нагрузок расчетных значений; дефектов, возникших при изготовлении опор, проводов, изоляторов; нарушение правил монтажа и сооружения ВЛ и др. Сравнение со статистическими данными других регионов показывает, что в целом причины повреждений схожи как по составу, так и по процентному соотношению.

В.А. Листюхиным и Е.А. Печерской выполнен анализ показателей аварийности распределительных электрических сетей номинальным напряжением 0,4–20 кВ, общая протяженность которых в России достигает 1 млн км. Причины отключений ВЛ 0,4–20 кВ авторами классифицируются на несвоевременное выявление дефектов (45%), неудовлетворительное техническое состояние (23%), воздействие неблагоприятных природных явлений (31%) и воздействие сторонних лиц и организаций (1%) [8].

И.В. Наумовым и М.Н. Полковской собраны данные о работе электрических распределительных сетей десяти филиалов Облкоммунэнерго Иркутской области в 2019 г. Выявлены причины аварийных отключений, основными из которых являются

нарушения в сетях потребителей, повреждение изоляторов, проводов, разрядников, опор воздушных линий электропередачи; ветровая нагрузка, снег, гололед, перекрытие изоляции и др. [9]. Схожим образом классифицированы причины аварийных отключений Т.Н. Васильевой и Е.И. Лопатиным [2].

В [12] приводятся предложения по организации телеметрического контроля состояния изоляции воздушных линий электропередачи высокого напряжения для оперативного реагирования на отключения и их профилактики.

В ряде работ рассмотрены и плановые перерывы в электроснабжении. Так, разрабатываются алгоритмы решения задачи комплексной оценки надежности электроснабжения и качества электроэнергии в сельских распределительных сетях с учетом плановых отключений [5].

В этих работах, а также в публикациях других авторов четкой классификации причин отключения не прослеживается. Деление неисправностей происходит произвольным образом, наиболее удобным для каждого автора.

В Приказе Минэнерго РФ № 676 от 26.07.2017 «Об утверждении методики оценки технического состояния основного технологического оборудования и линий электропередачи электрических станций и электрических сетей» оценка технического состояния линий электропередач предусмотрена на напряжение 35 кВ и выше [10]. Перечень неполадок в электрических сетях ниже классом напряжения нигде не регламентируются. В связи с этим, журналы отключений заполняются в свободной форме, что, в свою очередь, вносит неточность в отчетную документацию и затрудняет определение и устранение слабых мест в системе электроснабжения потребителей. Кроме того, уровень образования персонала также влияет на качество и точность формулировок при описании причин отключения электроэнергии.

Все приведенное выше влияет на точность заполнения журналов отключений. Например, указанный в журнале обрыв провода может быть связан с падением дерева на линию электропередачи либо из-за того, что оно было старым, либо из-за сильных порывов ветра, его поваливших. Определить первопричину отключения на основании записи в журнале в этом случае не представляется возможным.

Отсутствие функциональной классификации и систематизации причин приводит зачастую к некорректным формулировкам, затрудняет выбор необходимых мероприятий для снижения числа отключений. Таким образом, на сегодняшний день задача разработки четкой классификации и систематизации причин отключений в сельских электрических сетях остается весьма актуальной.

В распределительных электрических сетях сведения по всем видам отключений с 2018 г. заносят в программный комплекс «Аварийность ЭСК». Были рассмотрены журналы отключений в электрических сетях напряжением 0,4 кВ, имевших место в Орловской области в 2018–2023 гг. В журналах отмечены факты отключения с указанием времени возникновения и окончания, количестве и мощности отключенных потребителей, выявленных причинах. Отключения на более 12 000 воздушных линий электропередачи общей протяженностью порядка 10 000 км были классифицированы по причинам и количеству по месяцам и сведены в таблицу 1. Перечень причин при этом определялся на основе анализа журналов, близкие формулировки причин объединялись и количество отключений по ним суммировалось.

Таблица 1. Классификация причин отключений по месяцам за период 2018–2023 гг. ВЛИ 0,4 кВ

№ п/п	Причина	Месяц												Σ за год
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Сети потребителя	220	234	211	218	424	591	663	549	342	455	292	319	4518
2	Перегорание предохранителя	38	35	53	51	109	185	189	110	87	91	65	96	1109
3	Не установлена	33	32	81	69	88	62	83	80	40	76	58	93	795
4	Схлестывание проводов	36	26	36	33	68	80	97	39	43	34	28	41	561
5	<i>Прочее:</i>	25	16	17	30	38	84	118	100	36	33	15	29	541
	9. Перекрытие проводов из-за проникновения посторонних предметов	4	3	5	7	10	35	31	17	11	14	4	11	152
	10. Атмосферные перенапряжения (грозовые разряды)	5	2	2	7	9	31	67	45	16	10	0	5	199
	11. Повреждение проводов и опор техникой	4	1	1	0	1	1	3	27	5	1	3	1	48
	12. Внутреннее повреждение автомата	5	0	3	2	4	4	4	4	1	2	1	4	34
	13. Падение опоры	0	1	4	7	7	4	4	2	0	2	1	0	32
	14. Пробой изолятора	1	0	1	2	2	3	2	1	1	2	3	5	23
	15. Окисление контактных соединений	2	8	1	0	2	1	2	2	0	0	0	1	19
	16. Превышение габарита стрелы провеса	3	1	0	0	0	3	3	0	0	1	0	0	11
	17. Деятельность сторонних лиц	0	0	0	0	1	2	0	1	1	0	1	2	8
	18. Вмешательство животных и птиц	0	0	0	3	0	0	0	1	1	1	1	0	7
	19. Пожары (возгорания)	1	0	0	1	2	0	1	0	0	0	1	0	6
	20. Ремонт трансформатора	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2
6	Обрыв провода	16	35	27	25	43	88	84	62	43	26	12	16	477
7	Падение деревьев, веток	11	14	18	45	38	70	57	34	29	8	7	17	348
8	Гололедно-ветровые нагрузки	13	25	16	17	21	33	31	37	17	45	34	44	333
	Всего	392	417	459	488	829	1193	1322	1011	637	768	511	655	8682

На основе анализа данных таблицы 1 можно отметить неравномерность распределения отключений по месяцам и по причинам отказа. В летний период количество отключений заметно увеличивается. Если рассматривать все причины, то в летние месяцы отключений в 2,4 раза больше, чем в зимние, в 2 раза больше, чем в весенние и в

1,8 раза больше, чем в осенние. Рост числа отключений с мая по август связан с высокой грозовой активностью, периодом отпусков и дачным сезоном. В октябре перед началом отопительного сезона и наступлением холодов наблюдается рост количества отключений, связанных с увеличением нагрузки на электрические сети.

Ниже на рисунке приведена диаграмма Парето, позволяющая выделить основные причины отключений среди рассмотренных в таблице 1.

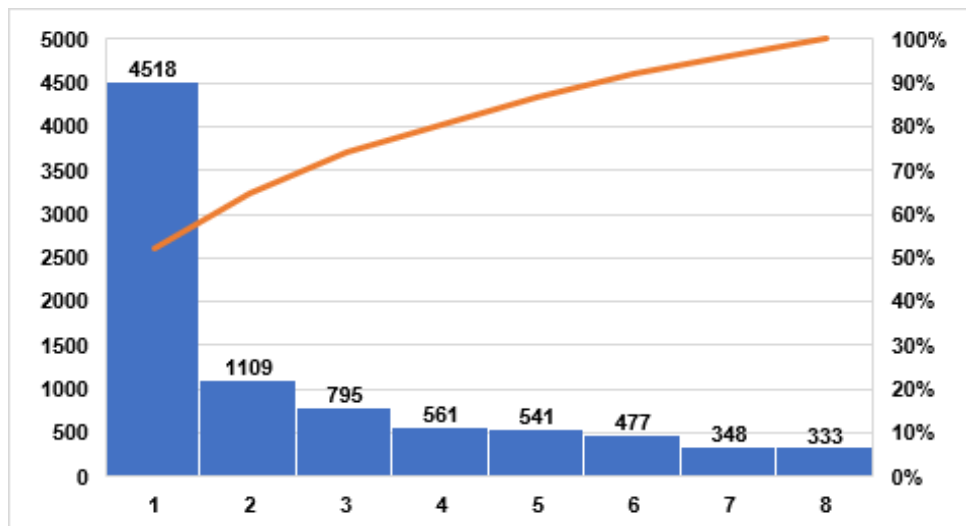


Диаграмма Парето причин отключений в сетях 0,4 кВ

На диаграмме показано, что наибольшее количество причин отключений связано с действиями потребителей (1 – 4518 ед.), то есть отключения происходят из-за повреждений в сети или оборудовании, находящихся на балансе потребителя. Далее в убывающем порядке идут следующие причины: перегорание предохранителя (2 – 1109 ед.); «по неустановленным причинам» (3 – 795 ед.); схлестывание проводов (4 – 561 ед.); обрывы проводов (6 – 477 ед.); падение деревьев, веток (7 – 348 ед.); гололедно-ветровые нагрузки (8 – 333 ед.). В сумме на эти указанные причины приходится 93,76% всех отключений. Остальные 6,24% отключений приходятся на другие причины: в таблице 1 и на диаграмме под № 5 приведена объединяющая группа причин (9–20).

На основе анализа диаграммы Парето можно сделать вывод, что основное внимание сетевых организаций для сокращения числа отключений должно быть сосредоточено на совершенствовании систем мониторинга, защиты и автоматики в сетях 0,4 кВ, позволяющих прогнозировать развитие дефектов, выявлять причины отключений, в том числе в сетях потребителей. Кроме того, актуальным будет использование секционирования линий 0,4 кВ, так как источник причины отключения часто находится не в начале, а в середине или конце линии. Это характерно при потребительских отключениях, схлестывании проводов, падении деревьев и др. Да и перегорание предохранителей часто бывает вызвано замыканиями в конце линии. Секционирование позволит уменьшить число отключенных потребителей и сократить недоотпуск электроэнергии, повысив защищенность линий от удаленных коротких замыканий [3].

Для удобства использования и унификации причин отключений в распределительных электрических сетях предлагается классификация, в соответствии с которой все причины подразделяют на 2 крупных блока по виду технологического отключения: преднамеренные и аварийные. В каждом блоке приводится перечень причин отключений, которые могут быть разбиты еще более подробно.

Например, атмосферные перенапряжения будут отнесены к воздействию природно-климатических факторов при аварийном отключении. При этом для удобства

использования при заполнении журналов отключений предлагается данные причины кодировать, указывая следующую информацию:

- вид отключения (ПО – преднамеренное отключение, АО – аварийное отключение);
- причина отключения (численное обозначение);
- конкретизация причины отключения (численное обозначение);
- примечание (численное обозначение).

В таблице 2 приведена классификация видов и причин отключений с указанием численных значений кода. Для преднамеренных отключений причины приведены в общем виде без детальной конкретизации.

Таблица 2. Классификация причин отключения сельских электрических сетей

Причины отключений	Преднамеренные отключения (ПО)	01	Неотложное
		02	Неплановое
		03	Плановое
		04	Потребительское
	Аварийные отключения (АО)	01	Воздействие природно-климатических факторов
		02	Деятельность сторонних лиц
		03	Не выявлено
		04	Неисправность РЗиА
		05	Падение деревьев, веток
		06	Повреждение оборудования
		07	Повреждение опор и линейной арматуры
		08	Повреждение проводов и кабелей
		09	Пожар (возгорание)
		10	Превышение габарита стрелы провеса
		11	Срабатывание РЗиА без указания причины

Конкретизация причин отключений для преднамеренных отключений разработана, но в таблице 2 не указана в виду большого объема конкретизаций.

Приведем пример конкретизации отдельных причин. В частности, для причины «Воздействие природно-климатических факторов» конкретизация имеет следующие обозначения:

- 01 – атмосферные перенапряжения (грозовые разряды);
- 02 – ветер;
- 03 – воздействие воды, снега, града;
- 04 – гололед;
- 05 – гололедно-ветровые нагрузки;
- 06 – вмешательство животных;
- 07 – вмешательство птиц;
- 08 – другое.

Тогда, например, атмосферные перенапряжения будут иметь шифр АО.01.01, где АО – первая позиция в коде (вид отключения – аварийное отключение), 01 – вторая позиция в коде (причина отключения – воздействие природно-климатических факторов), 01 – третья позиция в коде – конкретизация причины отключения, в данном примере – атмосферное перенапряжение.

Классификация причин отключений позволит значительно упростить обработку данных по отключениям, их сортировку, например, в таблицах Excel с выявлением наиболее значимых причин. Это, в свою очередь, даст возможность более рационально подходить к выбору и разработке мероприятий по повышению надежности электрических сетей. Значительно возрастут возможности использования для этого средств искусственного интеллекта.

Выводы

Анализ литературных источников показал, что отсутствует единая классификация причин отключений в сельских электрических сетях. Авторы приводят деление по причинам отключений произвольно, особенно для электрических сетей классов напряжения 10 кВ. Затруднено определение причин отключений и из-за многообразия факторов и многосторонней их связи между собой, имеется сложность выявления первопричины отключения.

По результатам анализа причин отключений выявлена неравномерность распределения отключений по месяцам и по причинам отказа. В летние месяцы количество отключений в 2,4 раза больше, чем в зимние, в 2 раза больше, чем в весенние и в 1,8 раза больше, чем в осенние. Рост числа отключений с мая по август связан с высокой грозовой активностью, периодом отпусков и дачным сезоном. В октябре перед началом отопительного сезона и наступлением холодов наблюдается рост количества отключений, связанных с увеличением нагрузки на электрические сети.

Наибольшей является доля отключений по вине потребителя – 52% от общего количества, далее по убыванию следуют перегорание предохранителя, «по неустановленным причинам», схлестывание проводов, обрывы проводов, падение деревьев и веток, гололедно-ветровые нагрузки. Остальные причины можно объединить в группу «Прочие», так как их суммарное значение менее 7% от общего количества отключений.

Предложена классификация, основанная на делении отключений по видам на преднамеренные и аварийные с указанием и конкретизацией их причин, что упрощает обработку данных по отключениям, позволяет выявлять наиболее значимые причины и первопричины и проводить мероприятия по повышению надежности электрических сетей. Систематизацию причин рационально закрепить нормативно-правовыми документами в электроэнергетике.

Список источников

1. Бандурин И., Садченкова О. Повышение надежности электроснабжения распределительных сетей сельскохозяйственного назначения // Электроэнергия. Передача и распределение. 2015. № 5(32). С. 46–52.
2. Васильева Т.Н., Лопатин Е.И. Анализ причин отказов электрического оборудования распределительных сетей 0,38...10 кВ // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2011. № 3(11). С. 64–66.
3. Виноградов А.В., Виноградова А.В. Повышение надежности электроснабжения сельских потребителей посредством секционирования и резервирования линий электропередачи 0,38 кВ: монография. Орел: Изд-во ФГБОУ ВО Орловский ГАУ. 2016. 224 с.
4. Виноградов А.В., Шабаетов М.М., Юдкин Р.С. Некоторые статистические данные о составе распределительных электрических сетей на примере Кондровского РЭС // Энерго- и ресурсосбережение – XXI век: материалы XVII международной научно-практической конференции (Орел, 02–04 декабря 2019 г.). Орел: ОГУ имени И.С. Тургенева, 2019. С. 196–201.
5. Ковалев Г.Ф., Чернов Д.В. Методика комплексной оценки надежности электроснабжения и качества электроэнергии в сельских распределительных сетях // Известия Российской академии наук. Энергетика. 2009. № 5. С. 104–114.
6. Комаров М.Ю. Оценка технического состояния и уровня эксплуатации оборудования предприятий распределительного комплекса Дальневосточного региона на основе статистического анализа отключений энергетического // Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов: сборник трудов 7-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием (Благовещенск, 04–06 июня 2013 г.). Благовещенск: Амурский государственный университет, 2013. С. 318–322.
7. Коннов А.А. Анализ аварийности в электрических сетях 0,4 кВ Нижегородской области // Актуальные научные исследования в современном мире. 2020. № 5-1(61). С. 127–130.
8. Листюхин В.А., Печерская Е.А. Информационно-измерительная система контроля параметров воздушных линий электропередачи распределительных сетей 0,4–20 кВ // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике: материалы XVI Всероссийской открытой молодежной научно-практической конференции (Казань, 20–21 октября 2021 г.). Казань: ООО «Издательско-полиграфическая компания «Бриг», 2022. С. 328–330.
9. Наумов И.В., Полковская М.Н. Анализ работы электрических сетей Облкоммунэнерго Иркутской области в 2019 году // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 5(199). С. 118–126.

10. Об утверждении методики оценки технического состояния основного технологического оборудования и линий электропередачи электрических станций и электрических сетей: Приказ Минэнерго РФ № 676 от 26 июля 2017 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/71779722/> (дата обращения: 18.11.2024).

11. Сбитнев Е.А., Жужин М.С. Анализ аварийности сельских электрических сетей 0,38 кВ Нижегородской энергосистемы // Вестник НГИЭИ. 2020. № 11(114). С. 36–47. DOI: 10.24411/2227-9407-2020-10104.

12. Breido I., Kaverin V., Ivanov V. Telemetric Monitoring Insulation Condition of High Voltage Overhead Power Lines // Proceedings of the 29th DAAAM International Symposium. Vienna, Austria: DAAAM International Publ., 2018. Pp. 0319–0328. DOI: 10.2507/29th.daaam.proceedings.046.

References

1. Bandurin I., Sadchenkova O. Increasing the reliability of power supply in agricultural distribution networks. *Electric Power. Transmission and Distribution*. 2015;5(32):46-52. (In Russ.).

2. Vasileva T.N., Lopatin E.I. The analysis of causes of failures of the electric equipment of 0,38 ... 10 kv distributive networks. *Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev*. 2011;3(11):64-66. (In Russ.).

3. Vinogradov A.V., Vinogradova A.V. Increasing the reliability of power supply to rural consumers through sectioning and redundancy of 0.38 kV transmission lines: monograph. Orel: Orel State Agrarian University Publishers; 2016. 224 p. (In Russ.).

4. Vinogradov A.V., Shabaev M.M., Yudkin R.S. Some statistical data on the composition of distribution electric networks on the example of one of the districts (Kondrovsky) of electric networks. In: Energy and resource saving in the XXI century: Proceedings of the XVII International Research-to-Practice Conference (Orel, December 02-04, 2019). Orel: Orel State University Publishers; 2019:196-201. (In Russ.).

5. Kovalev G.F., Chernov D.V. A technique for integrated assessment of power supply reliability and power quality in rural distribution networks. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Power Engineering*. 2009;5:104-114. (In Russ.).

6. Komarov M.Yu. Assessment of technical condition and level of operation of equipment of distribution complex enterprises of the Far Eastern region based on statistical analysis of power outages. In: Power engineering: management, quality and efficiency of energy resources use: Proceedings of the 7th All-Russian Research-to-Practice Conference with International Participation (Blagoveshchensk, June 4-6, 2013). Blagoveshchensk: Amur State University Publishers; 2013:318-322. (In Russ.).

7. Konnov A.A. Analysis of emergency in electric networks 0.4 kV Nizhny Novgorod region. *Actual Scientific Research in the Modern World*. 2020;5-1(61):127-130. (In Russ.).

8. Listyukhin V.A., Pecherskaya E.A. Information and measuring system for monitoring the parameters of overhead power transmission lines of 0.4-20 kV distribution networks. In: Dispatching and control in the electric power industry: Proceedings of the XVI All-Russian Open Youth Research-to-Practice Conference (Kazan, October 20-21, 2021). Kazan: Brig Publishing and Printing Company; 2022:328-330. (In Russ.).

9. Naumov I.V., Polkovskaya M.N. The analysis of the operation of electrical networks of the Oblkomunenergo of the Irkutsk region in 2019. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2021;5(199):118-126. (In Russ.).

10. On approval of the methodology for assessing the technical condition of the main process equipment and power transmission lines of electrical stations and electrical networks: Order of the Ministry of Energy of the Russian Federation of July 26, 2017 No. 676. URL: <https://base.garant.ru/71779722/>. (In Russ.).

11. Sbitnev E.A., Zhuzhin M.S. Accident rate analysis of rural electric networks 0.38 kV of the Nizhny Novgorod power system. *Bulletin NGIEI*. 2020;11(114):36-47. DOI: 10.24411/2227-9407- 2020-10104. (In Russ.).

12. Breido I., Kaverin V., Ivanov V. Telemetric Monitoring Insulation Condition of High Voltage Overhead Power Lines. Proceedings of the 29th DAAAM International Symposium. Vienna, Austria: DAAAM International Publ.; 2018:0319-0328. DOI: 10.2507/29th.daaam.proceedings.046.

Сведения об авторах

А.В. Виноградова – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории электроснабжения, электрооборудования и возобновляемой энергетики ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», alinawin@rambler.ru.

А.В. Виноградов – доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории электроснабжения, электрооборудования и возобновляемой энергетики, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», winaleksandr@gmail.com.

Information about the authors

A.V. Vinogradova, Candidate of Engineering Sciences, Docent, Leading Research Scientist, Laboratory of Electric Power Supply, Electric Equipment and Renewable Energy, Federal Scientific Agroengineering Centre VIM, alinawin@rambler.ru

A.V. Vinogradov, Doctor of Engineering Sciences, Docent, Chief Research Scientist, Laboratory of Electric Power Supply, Electric Equipment and Renewable Energy, Federal Scientific Agroengineering Centre VIM, winaleksandr@gmail.com

Статья поступила в редакцию 23.11.2024; одобрена после рецензирования 27.12.2024; принята к публикации 15.01.2025.

The article was submitted 23.11.2024; approved after reviewing 27.12.2024; accepted for publication 15.01.2025.

© Виноградова А.В., Виноградов А.В., 2025

5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА (ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 338

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2025_1_112

EDN: LZJXDY

Тенденции развития агропродовольственного комплекса и институциональной среды

Юлия Николаевна Коваленко^{1✉}, Андрей Валерьевич Улезько²

¹ Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Москва, 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

¹ yuliya.severina@gmail.com[✉]

Аннотация. Для оценки влияния на развитие агропродовольственного комплекса трансформации его институциональной среды, характеризующейся отложенным трансформационным эффектом, авторы исследуют тенденции, отражающие изменения этого развития. Изучаются структурные изменения аграрного производства, произошедшие в ходе радикальных экономических реформ, результаты трансформации института земельных отношений и проблемы, возникшие вследствие незавершенности трансформационных процессов, а также процессы концентрации земли и капитала, тенденции модернизации системы взаимодействий субъектов агропродовольственного комплекса, в первую очередь в рамках отношений кооперации и интеграции. В качестве основного инструмента воздействия государства на процессы развития агропродовольственного комплекса анализируется государственная поддержка формирующих его субъектов. Выявлены институциональные барьеры, ограничивающие возможности развития АПК, связанные: с частой корректировкой аграрной политики государства; продолжающимися структурными изменениями агропродовольственного комплекса, приводящими к его определенным диспропорциям; неразвитостью институтов, обеспечивающих решение проблем пространственного развития; неэффективностью существующих институтов взаимодействия науки и образования с субъектами агробизнеса; незавершенностью реформирования института земельных отношений; низкой эффективностью институтов кадастрового учета земель; возникновением новых цепочек создания добавленной стоимости; низким уровнем кооперации малых форм предпринимательства; неконтролируемым ростом концентрации земельных ресурсов; необходимостью модернизации механизмов организации межсубъектных взаимодействий и изменения функционала институтов формирования новых и трансформации уже существующих интегрированных структур; отсутствием равного доступа сельхозпроизводителей разных типов к бюджетным средствам; низким уровнем эффективности институтов контроля экологической безопасности и институтов, обеспечивающих согласование интересов крупных бизнес-структур с интересами сельских сообществ и др.

Ключевые слова: агропродовольственный комплекс, институциональная среда, тенденции развития, трансформация, институциональные барьеры

Для цитирования: Коваленко Ю.Н., Улезько А.В. Тенденции развития агропродовольственного комплекса и институциональной среды // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2025. Т. 18, № 1(84). С. 112–123. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_112-123.

5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS (ECONOMIC SCIENCES)

Original article

Trends in the development of Agrifood Complex and the institutional environment

Yulia N. Kovalenko^{1✉}, Andrey V. Ulez'ko²

¹ Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, 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

¹ yuliya.severina@gmail.com[✉]

Abstract. To assess the impact on the development of Agrifood Complex of the transformation of its institutional environment, characterized by a delayed transformational effect, the authors explore trends reflecting changes in this development. The paper considers structural changes in agricultural production that occurred during radical economic reforms, the results of the transformation of the institute of land relations and the problems that arose in consequence of incomplete transformation processes, as well as the processes of land and capital concentration, trends in the modernization of the system of interactions between subjects of Agrifood Complex (AFC), primarily

within the framework of cooperation and integration relations. The state support of its constituent entities is analyzed as the main instrument of government influence on the development of AFC. Institutional barriers have been identified that limit the development opportunities of AFC, related to frequent adjustments to the agricultural policy of the state, as well as: ongoing structural changes in AFC, leading to its certain imbalances; underdevelopment of institutions that provide solutions to problems of spatial development; inefficiency of existing institutions of interaction between science and education with agribusiness entities; incompleteness of reforming the institute of land relations; low efficiency of land cadastre institutions; emergence of new value chains; low level of cooperation of small businesses; uncontrolled growth of concentration of land resources; necessity for improvement mechanisms for organizing intersubject interactions and changing the functionality of institutions for the formation of new and transformation of existing integrated structures; lack of equal access of agricultural producers of various types to budget funds; low level of effectiveness of environmental safety control institutions and institutions that ensure the alignment of the interests of large business structures with the interests of rural communities, etc.

Keywords: Agrifood Complex (AFC), institutional environment, development trends, transformation, institutional barriers

For citation: Kovalenko Yu.N., Ulez'ko A.V. Trends in the development of Agrifood Complex and the institutional environment. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2025;18(1):112-123. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_112-123.

Функционирование агропродовольственного комплекса происходит в условиях разнонаправленного воздействия совокупности разнородных факторов, определяющих вектор и темпы его развития. Очевидно, что достоверно оценить уровень влияния конкретного фактора на развитие агропродовольственного комплекса крайне сложно, в силу разной скорости его реакции на изменение факторов различной природы и естественной цикличности развития экономической системы любого уровня. Вместе с тем можно предположить, что для оценки влияния на развитие агропродовольственного комплекса трансформации его институциональной среды, характеризующейся отложенным эффектом преобразования институциональной системы, можно использовать тенденции, отражающие изменение структуры агропродовольственного комплекса и результативности его функционирования [1, 2, 8, 10, 13].

Спад производства сельскохозяйственной продукции, обусловленный началом коренного преобразования колхозно-совхозной системы сельскохозяйственного производства, достиг пика в 1998 г. (рис. 1).

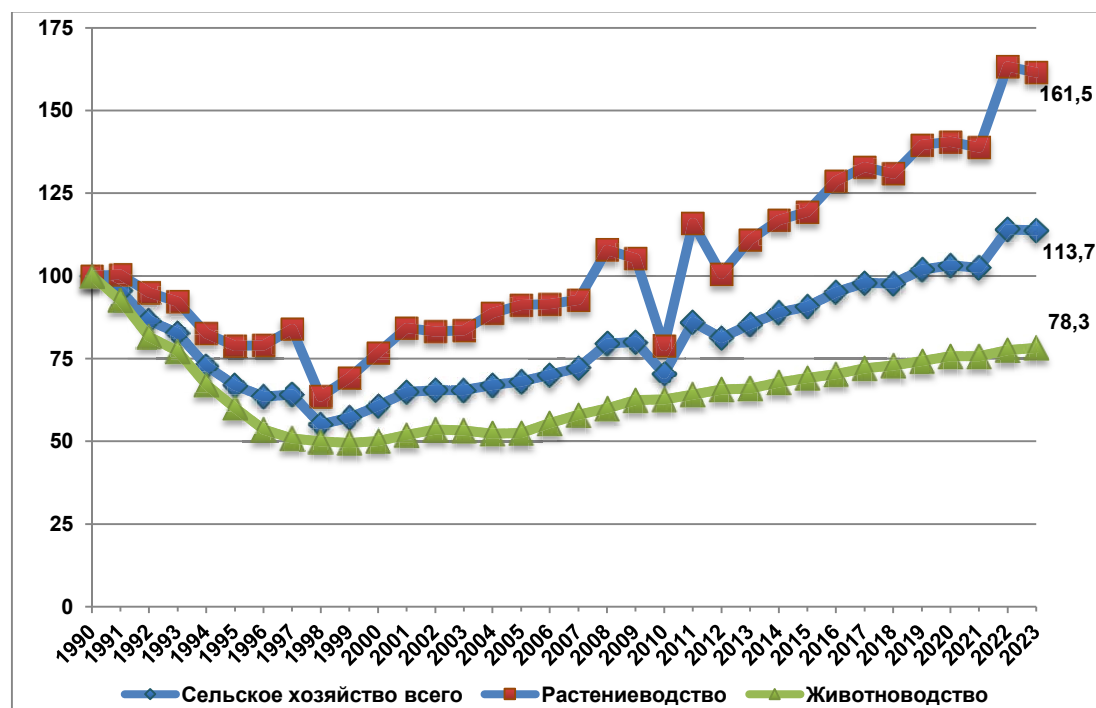


Рис. 1. Темпы изменения объемов производства продукции сельского хозяйства в хозяйствах всех категорий РФ, % (1990 г. = 100%)

Источник: построено авторами по данным [14].

Произошедшая в 1998 г. девальвация рубля существенно повысила конкурентоспособность продукции аграрного сектора и его инвестиционную привлекательность. Уже с 1999 г. начался относительно устойчивый рост объемов производства продукции сельского хозяйства, прервавшийся под влиянием засухи 2010 г., которая обусловила падение объемов производства растениеводческой продукции более чем на 25% по сравнению с 2009 г. Уровень производства продукции растениеводства 1990 г. (в сопоставимых ценах) в РФ был достигнут только в 2008 г., но в 2023 г. он был превышен уже на 61,5%, тогда как в целом по сельскому хозяйству преодоление уровня 1990 г. произошло в 2019 г. а в 2023 г. объем производства продукции аграрного сектора превысил уровень 1990 г. на 13,7%. По продукции животноводства уровень 1990 г. так и не был достигнут.

Необходимо отметить, что институциональные преобразования вызвали значимые изменения структуры аграрного производства, связанные, в первую очередь, с реорганизацией колхозов и совхозов и становлением сектора фермерских хозяйств. Если в 1990 г. доля колхозов и совхозов в общей стоимости сельскохозяйственной продукции (в текущих ценах) составляла 73,4%, то в 1998 г. сельскохозяйственные организации производили всего 40,4% продукции сельского хозяйства в стоимостном выражении, после этого стал наблюдаться рост их удельного веса в продукции, производимой в аграрном секторе, и в 2021–2023 гг. он уже находился на уровне 60,0% (рис. 2). Несмотря на то, что ставка идеологов радикальных экономических реформ на развитие крестьянских (фермерских) хозяйств не оправдалась, фермерский сектор стал играть значимую роль в аграрной экономике. Его доля в стоимости продукции сельского хозяйства в последние годы находится на уровне 15%. Определенный интерес с точки зрения эффективности институциональных преобразований представляет изучение изменения доли хозяйств населения в стоимости продукции сельского хозяйства. Очевидно, что чем большие затруднения испытывает крупный и средний агробизнес, обеспечивающий производство продовольственных ресурсов и рабочие места для сельского населения, тем интенсивнее становится деятельность хозяйств населения, ведущаяся для удовлетворения базовых потребностей как в продуктах питания, так и в других экономических благах.

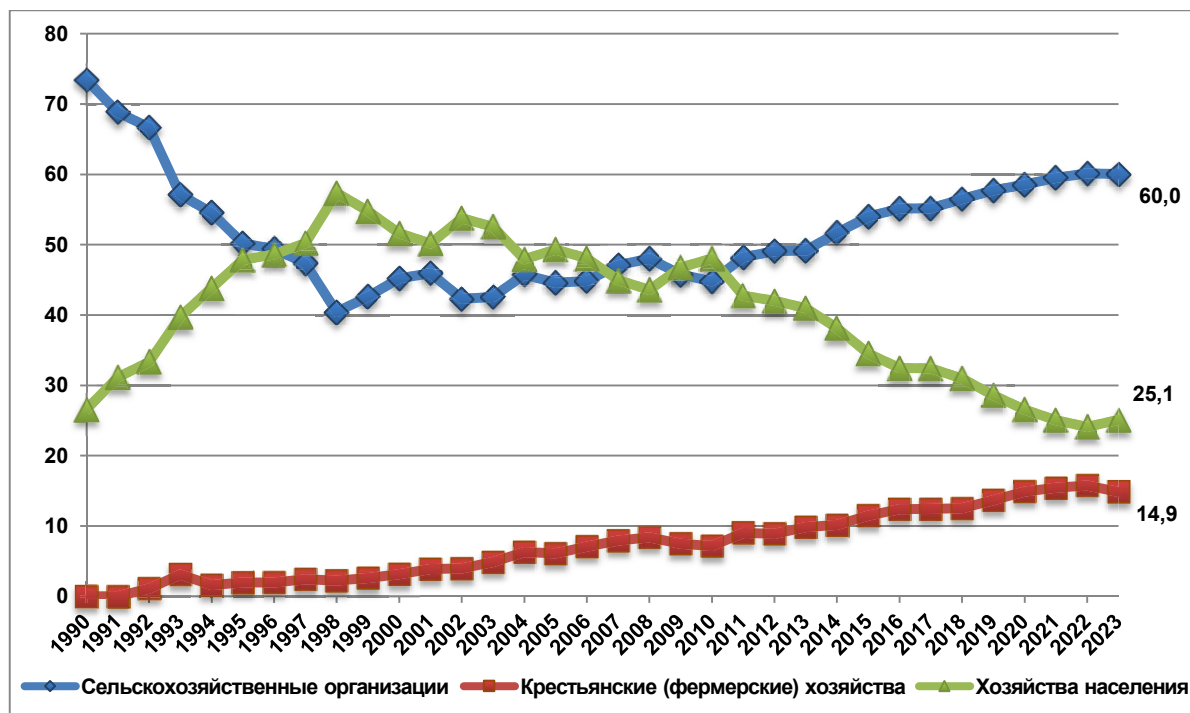


Рис. 2. Доля хозяйств различных категорий в стоимости продукции сельского хозяйства (в текущих ценах), %

Источник: построено авторами по данным [14].

В 1998 г. хозяйства населения производили 57,3% всей сельскохозяйственной продукции страны (в стоимостном выражении). Устойчивое сокращение их доли стало наблюдаться с 2011 г. и в 2023 г. она снизилась до 25,1% (в 1990 г. хозяйства населения производили 26,6% продукции аграрного сектора страны).

Радикальный характер аграрных преобразований, ориентированных на разрушение системы коллективного землепользования, привел к принципиальным изменениям структуры аграрного сектора. В результате реформирования порядка 24 тыс. сельскохозяйственных предприятий, существовавших к началу 1991 г., к концу десятилетия образовано около 36 тыс. сельскохозяйственных организаций различных организационно-правовых форм, более 264 тыс. крестьянских (фермерских) хозяйств и примерно 21 тыс. субъектов, являющихся объектами государственного и муниципального управления [11].

Обращает на себя внимание динамика развития сектора фермерских хозяйств. На начало 1992 г. в РФ прошли регистрацию более 49 тыс. крестьянских (фермерских) хозяйств, а к концу года их число превысило 173 тыс. С.А. Яковлев [16], оценивая высокий темпы роста числа фермерских хозяйств в первые годы реформы, обратил внимание на тот факт, что в 1993 г. на каждые 100 вновь образуемых хозяйств приходилось порядка 30 ликвидированных, а в 1995–1996 гг. число закрываемых фермерских хозяйств практически сравнялось с числом регистрируемых субъектов данного типа. Такая ситуация была обусловлена как отсутствием необходимой материально-технической базы, так и отсутствием опыта предпринимательской деятельности значительной части начинающих фермеров. Своего пика количество крестьянских (фермерских) хозяйств и индивидуальных предпринимателей, ведущих сельскохозяйственную деятельность, в Российской Федерации достигло в 2005 г. (298,6 тыс.), после чего началось устойчивое сокращение их числа. По данным Росстата на начало 2023 г. в Российской Федерации количество фактически действовавших крестьянских (фермерских) хозяйств составляло 113,9 тыс., при этом количество занятых в фермерском секторе находилось на уровне 337,8 тыс. чел. (в 2013 г. данный показатель превышал 370 тыс. чел.). За это же время, с 2013 по 2023 г., среднесписочная численность работников по полному кругу организаций в сельском хозяйстве РФ сократилась с 1716,2 до 1246,2 тыс. чел., а количество организаций по разделу ОКВЭД «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство» (по данным государственной регистрации) – с 169,4 до 86,5 тыс. [3]

Наряду с радикальным изменением структуры аграрного производства идеологи реформ считали важнейшей задачей трансформацию системы земельных отношений и приватизацию земли с целью преодоления монополии собственности государства на землю, но предложенный реформаторами механизм трансформации земельной собственности не позволил достичь поставленной цели. На 01.01.2024 в государственной и муниципальной собственности в Российской Федерации по данным Росреестра [4] продолжало оставаться 65,3% земель сельскохозяйственного назначения. На начало 2006 г. данный показатель находился на уровне 68,7%. При этом отмечается устойчивое увеличение доли земель сельскохозяйственного назначения, находящейся в собственности юридических лиц (рис. 3).

О неэффективности существующего механизма перераспределения земель свидетельствует и высокий удельный вес земель, находящихся в собственности граждан в виде земельных долей. На начало 2024 г. в РФ из 105,4 млн га земель сельскохозяйственного назначения, считающихся собственностью граждан, площадь земельных долей составляла 73,0 млн га (69,2%), причем 13,0 млн га (12,3%) имели статус невостребованных долей. Из 24,5 млн га земель сельхозназначения, зарегистрированных как собственность юридических лиц в РФ, 1,5 млн га, или 6,1%, были в собственности кре-

стьянских (фермерских) хозяйств, а 20,7 млн га, или 84,5%, – в собственности сельскохозяйственных организаций (к данной категории землевладельцев относятся и крупные корпорации, занимающиеся скупкой продуктивных земель). Кроме того, необходимо отметить, что в 2023 г. сельскохозяйственные организации Российской Федерации осуществляли свою деятельность на земельных участках, находящихся как в частной (75,4 млн га, в т.ч. в общей долевой – 54,1 млн га), так и в государственной и муниципальной собственности (324,8 млн га), при этом 92% земель, относящихся к общей долевой собственности, представляли собой земельные доли граждан [4].

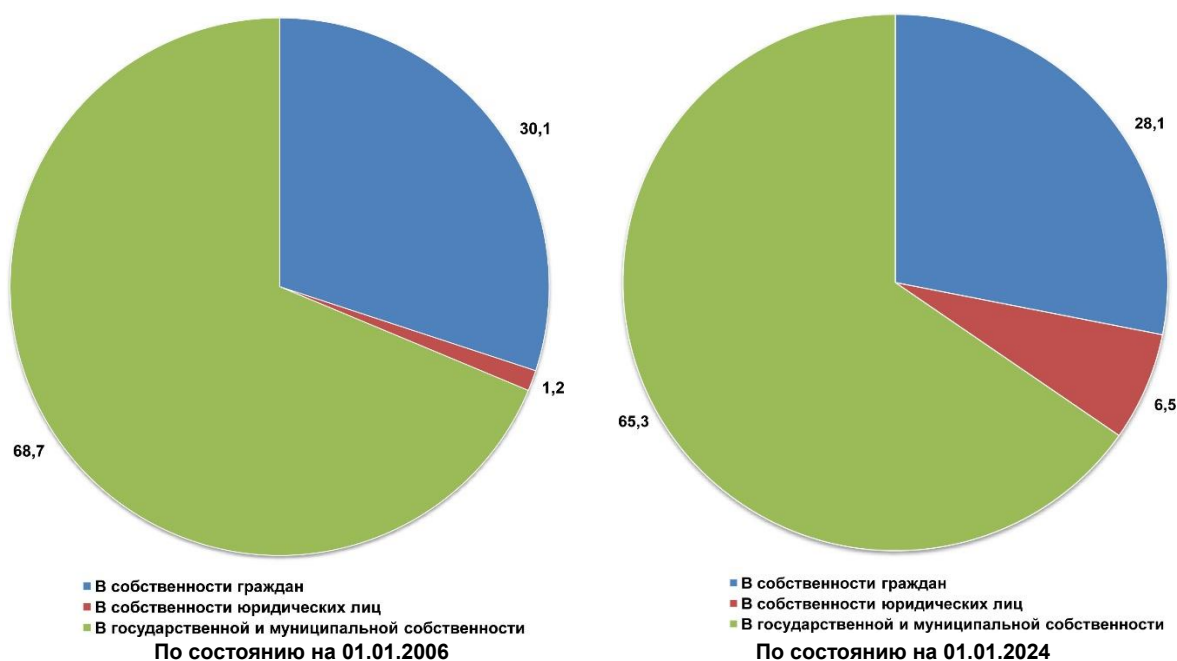


Рис. 1. Распределение земель сельскохозяйственного назначения в Российской Федерации по формам собственности, %

Источник: построено авторами по данным [4].

В структуре использования продуктивных земель в сельском хозяйстве стали одновременно формироваться несколько тенденций. Во-первых, в структуре посевных площадей наблюдается устойчивый рост доли крестьянских (фермерских) хозяйств. В 2023 г. в целом по РФ доля крестьянских (фермерских) хозяйств составляла 32,2%. Во-вторых, продолжается процесс концентрации земельных ресурсов при сокращении количества сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств. За межпереписной период (с 2006 по 2021 г.) количество сельскохозяйственных организаций в РФ снизилось с 59,2 до 31,1 тыс. ед., или 47,5%, а площадь закрепленных за ними сельскохозяйственных угодий – с 132,3 до 77,9 млн га, или 41,1%, что обусловило рост размера сельскохозяйственных угодий в расчете на 1 организацию с 2235 до 2506 га. В секторе фермерских хозяйств при сокращении хозяйствующих субъектов с 285,1 тыс. в 2006 г. до 118,3 тыс. в 2024 г. отмечается рост общей площади сельскохозяйственных угодий – с 24,1 до 41,6 млн га, или на 72,3%, при этом в расчете на 1 хозяйство она выросла с 85 до 352 га [14, 15].

На фоне естественной концентрации земельных ресурсов происходит практически неконтролируемый государством рост земельного банка сверхкрупных владельцев земель сельскохозяйственного назначения. По данным аудиторско-консалтинговой компании BEFL [7], формирующей рейтинг крупнейших владельцев сельскохозяйственной земли в РФ, за период с 2014 по 2024 г. банк земли Топ-10 земледельцев вы-

рос с 4,0 до 7,0 млн га, при этом число субъектов, контролирующих земельные участки площадью свыше 100 тыс. га, увеличилось с 32 до 77, а площадь земли в их собственности – с 7,6 до 18,5 млн га. Информация о Топ-10 крупнейших владельцев земель сельскохозяйственного назначения в РФ и их земельном банке по состоянию на май 2024 г. приведена на рисунке 4.

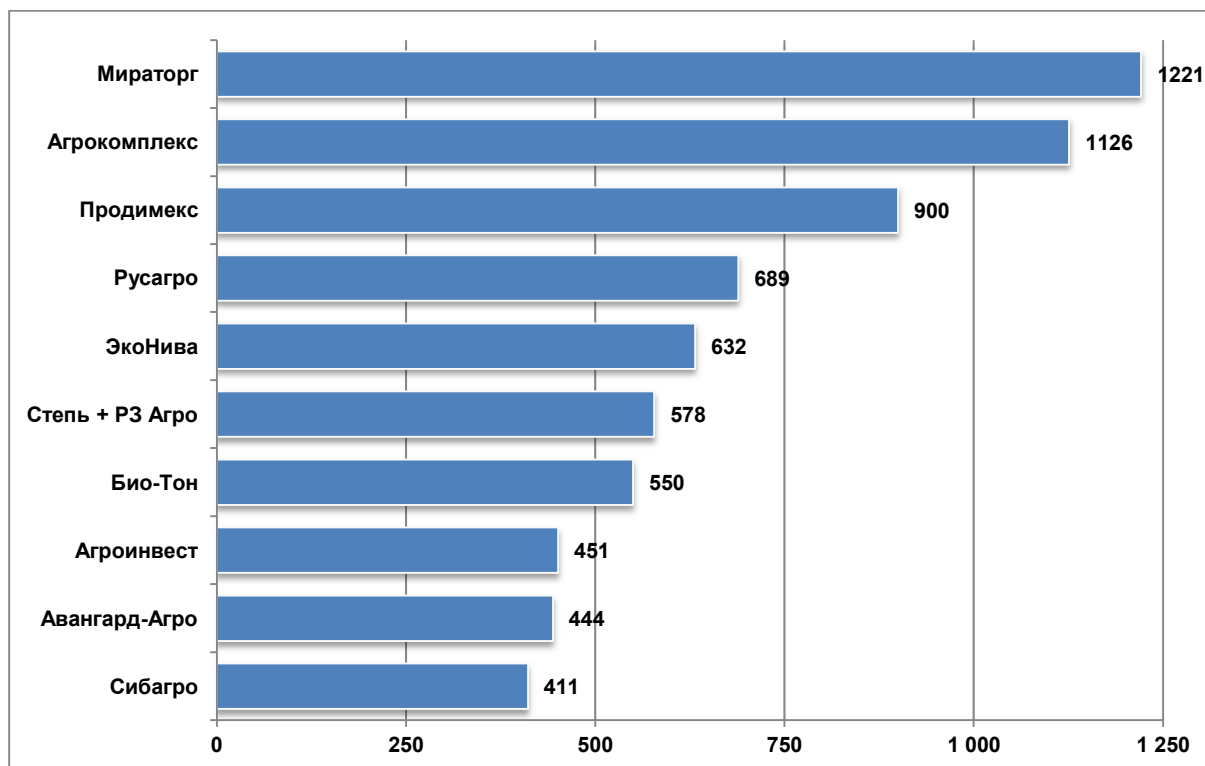


Рис. 2. Информация о Топ-10 крупнейших владельцев земель сельскохозяйственного назначения в Российской Федерации и их земельном банке на май 2024 г., тыс. га

Источник: построено авторами по данным [7].

Особую активность на рынке земли в последние годы проявляли такие бизнес-структуры, как АО фирма «Агрокомплекс» имени Н.И. Ткачёва (прирост земельного банка за 2019–2023 гг. составил 477 тыс. га), агропромышленный холдинг «Мираторг» (221 тыс. га), ООО «КДВ Агрохолдинг» (189 тыс. га), АО Агрохолдинг «Степь» и ООО «Русская земля» (агрохолдинг «РЗ Агро») (177 тыс. га), агрокорпорация «БИО-ТОН» (147 тыс. га).

В условиях практически неконтролируемого роста уровня концентрации земель сельскохозяйственного назначения у крупнейших землевладельцев остается нерешенной проблема разграничения земель: на 01.01.2024 в Российской Федерации из 1581,7 млн га земель, находящихся в государственной и муниципальной собственности, было разграничено 1147,6 млн га, или 72,6%, но при этом из 245,0 млн га земель сельскохозяйственного назначения – всего 37,2 млн га (6,3 млн га – в собственности РФ, 11,7 – в собственности субъекта РФ, 19,1 – в муниципальной собственности), или 15,2%.

Можно констатировать, что из всех целей, намеченных идеологами земельной реформы, была реализована только идея ликвидации колхозно-совхозной системы аграрного производства, даже задачу полноценной передачи земли в частную собственность они не смогли решить, что говорит о крайне низком качестве системы институтов земельных отношений и отсутствии эффективных механизмов достижения целей земельной реформы в их первоначальном виде.

Специфика и уникальность земельных ресурсов как фактора сельскохозяйственного производства, нарастающие темпы их концентрации в руках отдельных бизнес-структур, деградация системы землеустройства, неэффективность механизмов разграничения собственности на землю и крайне низкие темпы постановки продуктивных земель на кадастровый учет требуют модернизации института государственного управления землями сельскохозяйственного назначения и регулирования их оборота. Обезличенный статус значительной части земельных участков, не стоящих на кадастровом учете, порождают массу отрицательных экстерналий, обусловленных возможностью теневых манипуляций с землей, отсутствием ответственных лиц за нецелевое использование отдельных категорий земель, сохранность плодородия сельскохозяйственных угодий и предотвращение их деградации, недополучением доходов бюджет, увеличением площадей, сдаваемых в краткосрочную аренду, и др.

Вместе с тем трансформация структуры собственности на земли сельскохозяйственного назначения в совокупности с устранением государства от процессов регулирования процессов аграрного производства обусловили принципиальные изменения отраслевой структуры сельского хозяйства. В условиях нерегулируемого рынка и резкого падения эффективности сельскохозяйственных производителей они начали отказываться от обработки менее продуктивных земель и развития убыточных отраслей и отраслей с минимальным уровнем рентабельности. Так, если в 1990 г. в структуре стоимости продукции сельского хозяйства доля стоимости продукции растениеводства составляла 33,6%, то в 2023 г. – 57,8%. В 2023 г. по сравнению с 1990 г. производство подсолнечника в хозяйствах всех категорий РФ выросло более чем в 5 раз, сахарной свеклы – на 64,3%, овощей – на 33,6%, зерновых и зернобобовых – на 24,3%, а производство картофеля сократилось на 34,5%. Следует отметить, что структура производства отдельных видов продукции отличается довольно существенно. Так, например, в среднем в 2019–2023 гг. в сельскохозяйственных организациях РФ было произведено 90,5% сахарной свеклы, 69,% зерновых и зернобобовых, 63,3% подсолнечника, тогда как доля картофеля находилась на уровне 22,5%, а овощей – 29,3%. Хозяйства населения продолжают оставаться основными производителями картофеля и овощей, занимая соответственно 62,8 и 49,0% в структуре их производства. Основными видами продукции растениеводства, производящимися фермерами, остаются подсолнечник (36,4% в совокупном объеме производства в 2019–2023 гг.) и зерновые (30,0%).

Наиболее существенному сокращению подверглись объемы производства основных видов продукции животноводства. Но если по объемам производства мяса на убой в живом весе хозяйства всех категорий РФ в 2020 г. смогли превысить уровень 1990 г., то по молоку в 2023 г. он составлял всего 60,7%. В структуре производства отдельных видов мяса также наблюдается существенная дифференциация. В сельскохозяйственных организациях в настоящее время сконцентрировано производство мяса свиней и птицы (в среднем в 2019–2023 гг. их доля составила соответственно 89,5 и 92,5%), тогда более 50% мяса крупного рогатого скота продолжало производиться в хозяйствах населения. В фермерском секторе из всех отраслей животноводства реально развивается только молочно-мясное скотоводство. Необходимо отметить принципиальные изменения в структуре производимого мяса. Если в 1990 г. доля говядины в структуре произведенного мяса составляла 46,9%, свинины – 30,0%, а мяса птицы – 16,3%, то в 2023 г. на долю мяса КРС приходилось всего 17,3%, а в структуре мяса доминировало мясо птицы (42,9%) при незначительном росте доли мяса свиней (до 36,5%). Производство мяса птицы в хозяйствах всех категорий в РФ в 2023 г. достигло 7 млн т, мяса свиней – 6,1 млн т, тогда как говядины было произведено всего 2,9 млн т.

Значимой тенденцией развития животноводства стало сокращение числа хозяйствующих субъектов, развивающих данную отрасль. По данным сельскохозяйственной микропереписи 2021 г. из 31,1 сельскохозяйственных организаций РФ поголовье крупного рогатого скота имели только 7,4 тыс., или 23,7%, поголовье свиней – 924 хозяйства, или 3,0%, поголовье птицы – 845 хозяйств, или 2,7%. В 2006 г. крупный рогатый скот содержался в 47,1%, свиньи – в 20,4%, птица – в 3,7% сельскохозяйственных организаций. Аналогичная картина наблюдалась и по крестьянским (фермерским) хозяйствам: доля хозяйств, развивающих скотоводство, составляла 28,5%, овцеводство – 12,5% (по хозяйствам, содержащим свиней и птицу информация отсутствует), но если в 2006 г. крупный рогатый скот содержался в 35,6 тыс., то в 2021 г. – в 33,2 тыс. хозяйств, овцы – соответственно в 16,2 тыс. и 14,8 тыс. хозяйств [15]. Еще один тренд связан с быстрым ростом уровня концентрации поголовья. Если в 2006 г. в среднем на 1 сельскохозяйственную организацию, развивающую скотоводство, приходилось 587 голов крупного рогатого скота, то в 2021 г. – уже 1 115 гол., поголовье свиней в расчете на 1 сельскохозяйственную организацию выросло с 956 до 26 701 гол., а птицы – с 161,0 до 543,6 тыс. гол.

Высокий уровень концентрации поголовья объективно порождает ряд экологических проблем, связанных с сохранением устойчивости агроэкосистем в рамках обеспечения их экологической безопасности и повышением эффективности институтов, разрабатывающих экологические нормы и обеспечивающих контроль за их соблюдением. Если рост концентрации поголовья скота и птицы ведет к росту отходов их жизнедеятельности, то изменение технологий содержания и кормления – к изменению физико-химические свойства навоза и помета, их влажности и содержания в них биогенных элементов, при этом существующие технологии утилизации отходов пока не могут в полной мере обеспечить необходимый уровень экологической безопасности и минимизировать в достаточной степени негативное влияние крупных животноводческих комплексов на окружающую среду. Финансово поддерживая реализацию проектов по строительству комплексов с высоким уровнем концентрации скота и птицы, государство должно взять на себя функции не только обеспечения безопасности производимой на них продукции, но сформировать нормативно-правовую базу, необходимую для жесткого контроля за соблюдением требований экологической безопасности как на стадии производства животноводческой продукции, так и на стадии утилизации отходов продуктов жизнедеятельности скота и птицы.

Следует также отметить, что отказ значительной части сельскохозяйственных производителей от развития животноводческих отраслей объективно приводит их к отказу от традиционных для отдельных природно-климатических зон систем земледелия, в силу чего резко повышается уровень интенсивности использования продуктивных земель, растет антропогенная нагрузка на пашню и потребность в дополнительных затратах на поддержание плодородия почвы, что, в свою очередь, требует разработки новых систем земледелия, отвечающих современным реалиям, и модернизации института научного обеспечения всей системы аграрного производства.

Структурные изменения агропродовольственного комплекса объективно порождают необходимость модернизации институтов взаимодействий его субъектов, основными из которых традиционно принято считать институты кооперации и интеграции хозяйствующих субъектов. Следует признать, что кооперация как форма взаимодействия субъектов аграрной сферы РФ пока так и не стала институтом, определяющим тренды развития сельского хозяйства страны. В 2024 г. производственные и потребительские кооперативы в сельском хозяйстве составляли всего 10% от числа организаций всех организационно-правовых форм. При этом за период с 2015 по 2024 г. количество сельскохозяйственных производственных кооперативов сократилось практически

в два раза (с 10 577 до 5 345 единиц), а потребительских кооперативов – увеличилось с 2 830 до 3 301 [3]. Несмотря на растущую роль интегрированных агропромышленных формирований в развитии агропродовольственного комплекса РФ, Росстат не выделяет их в качестве объекта статистического учета. Вместе с тем в рейтинге крупнейших компаний АПК по размеру выручки в 2021 г., составленном специалистами журнала «Эксперт» [6], лидером стала ГК «Содружество» (300,0 млрд руб.), а второе и третье места заняли ГК «ЭФКО» (223,0 млрд руб.) и ГК «Русагро» (222,9 млрд руб.). Для сравнения: в 2021 г. стоимость продукции сельского хозяйства, произведенной в хозяйствах всех категорий (в фактически действовавших ценах), в Белгородской области составила 342,1, в Воронежской – 319,4, в Курской – 217,4, в Липецкой – 180,3, в Тамбовской – 212,1 млрд руб.

Для интегрированных агропромышленных формирований характерен высокий уровень концентрации производства отдельных видов продукции, в первую очередь животноводческой. По данным рейтинга крупнейших производителей молока в РФ в 2023 г., составленного экспертами информационно-аналитического агентства Milknews [12], валовой надой молока в хозяйствах, входящих в группу компаний «ЭкоНива», составил 1,3 млн т. Структурные подразделения АО фирма «Агрокомплекс» имени Н.И. Ткачёва в 2023 г. произвели 328,0 тыс. т сырого молока, а группы компаний «Агрокомплектация» – 223,8 тыс. т. При этом в 2023 г. в хозяйствах всех категорий в среднем в расчете на один субъект, входящий в Центральный федеральный округ (без г. Москвы), было произведено 404,8 тыс. т молока, по Северо-Западному ФО данный показатель находился на уровне 240,8 тыс. т, по Южному – 563,4 тыс. т, по Северо-Кавказскому – 431,3, по Приволжскому – 750,9, по Уральскому – 491,5, по Сибирскому – 436,2, по Дальневосточному – 86,2 тыс. т. Еще значимее участие интегрированных агропромышленных формирований в производстве мяса. В 2023 г. доля 25 крупнейших производителей мяса в общем объеме производства мяса (в убойном весе) в РФ превысила 58%. Первые три позиции в рейтинге производителей мяса в 2023 г., составленном экспертами журнала «Агроинвестор» [9], заняли: группа компаний «Черкизово» (1 027,3 тыс. т мяса птицы (куры и индейки) и свинины), агропромышленный холдинг «Мираторг» (980,0 тыс. т мяса птицы, свинины, говядины, баранины) и группа агропредприятий «Ресурс» (867,0 тыс. т мяса птицы). На долю 25 крупнейших производителей мяса в 2023 г. пришлось около 69% мяса птицы, произведенного в РФ, 69,4% мяса свиней и 12,7% мяса крупного рогатого скота.

Агропромышленные интегрированные формирования смогли обеспечить поступательное развитие пищевой и перерабатывающей промышленности страны. Только за период с 2013 по 2023 г. производство пищевых продуктов в РФ выросло на 42,7%. При этом производство переработанных овощей и фруктов увеличилось в 2,1 раза, растительных и животных масел и жиров – почти 1,9 раза, переработанного мяса – в 1,6 раза [3].

При этом становится очевидным, что холдинговая модель агропромышленной интеграции, обеспечив приток инвестиций в агропродовольственный комплекс и наращивание объемов производства основных видов продовольственных ресурсов, практически исчерпала потенциал развития, а сам институт агропромышленной интеграции требует новых механизмов организации взаимодействия субъектов, представляющих различные звенья продуктовых цепочек.

Эффективность государства как института определяется его способностью побудить отдельных субъектов агропродовольственного комплекса функционировать и взаимодействовать друг с другом для реализации индивидуальных и общих интересов в контексте достижения целей, определяющих содержание аграрной политики государства на определенном этапе его развития. В настоящее время наиболее значимым инструмен-

том воздействия государства на процессы развития агропродовольственного комплекса является государственная поддержка формирующих его субъектов. По данным Минсельхоза России [5], из 195,2 млрд руб., перечисленных сельскохозяйственным производителям в 2023 г. из бюджетов субъектов РФ, 150,1 млрд руб. относились к субсидиям и межбюджетным трансферам на поддержку сельского хозяйства, еще 9,4 млрд руб. – к субсидиям на вовлечение в оборот неиспользуемых сельхозугодий и развитие мелиоративного комплекса, а 37,9 млрд руб. – к субсидиям, связанным с обеспечением комплексного развития сельских территорий.

Заключение

Изучение трансформации институциональной среды агропродовольственного комплекса позволило выявить следующие институциональные барьеры, ограничивающие возможности его развития:

- частая корректировка аграрной политики государства, обуславливающая необходимость постоянной актуализации нормативно-правового обеспечения деятельности субъектов, формирующих агропродовольственный комплекс;
- структурные изменения агропродовольственного комплекса, обеспечивающие рост объема производства продовольственных ресурсов, но приводящие к определенным диспропорциям агропродовольственных систем;
- неразвитость институтов, обеспечивающих решение проблем пространственного развития агропродовольственных систем, в первую очередь «периферийных» сельских территорий;
- неэффективность существующих институтов взаимодействия науки и образования с субъектами агропродовольственного комплекса и фрагментарность его инновационной системы;
- незавершенность реформирования института земельных отношений, проявляющаяся в наличии большого массива земельных долей и неразграниченных земель, находящихся в государственной и муниципальной собственности;
- низкая эффективность институтов кадастрового учета земель сельскохозяйственного назначения и государственного контроля и мониторинга за их использованием и воспроизводством;
- изменение отраслевой структуры аграрного производства, которое привело к деформации сырьевых зон перерабатывающих предприятий и организации новых цепочек создания добавленной стоимости;
- ставка идеологов институциональных преобразований аграрной экономики на приоритетное развитие малых форм предпринимательства, оказавшаяся провальной без развития их кооперации;
- отказ государства от ограничения концентрации капитала, приведший к практически неконтролируемому росту земельного банка сверхкрупных субъектов агропродовольственного бизнеса и монополизации локальных рынков;
- практически исчерпавшая потенциал развития доминирующая в АПК холдинговая модель интеграции, в то время как институт интеграции требует создания принципиально новых механизмов организации межсубъектных взаимодействий;
- переход к новым моделям агропромышленной интеграции, который объективно обуславливает изменение функционала институтов формирования новых и трансформации уже существующих интегрированных структур;
- высокие темпы роста концентрации поголовья скота и птицы, что требует модернизации института контроля за соблюдением требований экологической безопасности на всех стадиях производства продукции животноводства;

- институт государственной поддержки не обеспечивает равного доступа сельхозпроизводителей разного типа к бюджетным средствам и существенно ограничивает потенциал развития малых форм хозяйствования на селе;

- низкая эффективность институтов, обеспечивающих согласование интересов крупных бизнес-структур с интересами сельских сообществ в границах экономических пространств различного уровня локализации и др.

Система институционального обеспечения агропродовольственного комплекса должна быть ориентирована на устранение указанных барьеров, преодоление фрагментарности институциональной среды, модернизацию отдельных элементов институциональной системы с целью формирования благоприятных институциональных условий, позволяющих максимально полно реализовать потенциал развития всех субъектов, взаимодействующих в рамках агропродовольственного комплекса, и минимизировать издержки взаимодействий.

Список источников

1. Агаркова Л.В., Гурнович Т.Г., Клинецвич Р.И. Особенности формирования и функционирования институциональной среды АПК региона // Вестник АПК Ставрополя. 2015. № 1(17). С. 275–280.
2. Алтухов А.И. Проблемы социально-экономического развития отечественного АПК требуют активного решения // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2021. № 6. С. 2–12. DOI: 10.31442/0235-2494-2021-0-6-2-12.
3. Государственная статистика. Официальные статистические показатели [Электронный ресурс] // Единая межведомственная информационно-аналитическая система (ЕМИСС). URL: <https://www.gks.ru/emiss> (дата обращения: 15.10.2024).
4. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр). URL: <https://rosreestr.ru/site/activity/gosudarstvennoe-upravlenie-v-sfere-ispolzovaniya-i-okhrany-zemel/gosudarstvennyy-monitoring-zemel/sostoyanie-zemel-rossii/gosudarstvennyy-natsionalnyy-doklad/> (дата обращения: 25.10.2024).
5. Доведение до получателей средств государственной поддержки сельского хозяйства [Электронный ресурс] // Министерство сельского хозяйства РФ. Документы. URL: <https://mcx.gov.ru/activity/state-support/funding/> (дата обращения: 25.10.2024).
6. Журнал «Эксперт» составил рейтинг 50 ведущих игроков отечественного рынка АПК [Электронный ресурс] // Независимый портал «Мясной Эксперт». URL: <https://meat-expert.ru/news/13072-ekspert-sostavil-reyting-50-vedushchikh-igrokov-otechestvennogo-rynka-apk/> (дата обращения: 15.10.2024).
7. Компания BEFL опубликовала ежегодный рейтинг крупнейших владельцев сельхозземель в России. В него вошло 77 предприятий [Электронный ресурс] // Официальный сайт BEFL. URL: <https://clck.ru/3DGL3Y> (дата обращения: 15.10.2024).
8. Коростелев В.Г. Развитие агропродовольственного комплекса России на современном этапе: проблемы и перспективы // Закономерности развития региональных агропродовольственных систем. 2017. № 1. С. 7–13.
9. Кулистикова Т. Мясные лидеры наращивают долю рынка. Однако темп роста Топ-25 игроков замедлился [Электронный ресурс] // Журнал «Агроинвестор». URL: <https://www.agroinvestor.ru/rating/article/42250-myasnye-lidery-narashchivayut-dolyu-rynka-odnako-temp-rosta-top-25-igrokov-zamedlilsya/> (дата обращения: 15.10.2024).
10. Макаревич Л.О., Улезько А.В. Агропромышленная интеграция в системе сбалансированного развития агропродовольственных систем: монография. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. 381 с.
11. Михалев А. Закрепить наметившийся перелом // Экономика сельского хозяйства России. 2000. № 7. С. 3–4.
12. Рейтинги молочной отрасли. Крупнейшие компании России, Беларуси и мира с полной информацией о компаниях, аналитикой и динамикой изменений [Электронный ресурс] // Информационно-аналитическое агентство Milknews. URL: <https://top.milknews.ru/> (дата обращения: 15.10.2024).
13. Решетникова Н.В. Теория и методология институциональных трансформаций в агропродовольственном комплексе: монография. Саратов: Саратовский источник, 2022. 231 с.
14. Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство. Бюллетени о состоянии сельского хозяйства (электронные версии) [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики (Росстат). URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy/ (дата обращения: 15.10.2024).
15. Сельскохозяйственные переписи. Основные итоги [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики (Росстат). URL: https://rosstat.gov.ru/selskohozyajstvennyye_perepisi/ (дата обращения: 15.10.2024).
16. Яковлев С.А. Реформирование сельского хозяйства страны в конце XX века // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: История. Международные отношения. 2014. Т. 14, № 1. С. 44–51. DOI: 10.18500/1819-4907-2014-14-1-44-51.

References

1. Agarkova L.V., Gurnovich T.G., Klintsevich R.I. Features of formation and functioning of institutional environment of regional AIC. *Agricultural Bulletin of Stavropol Region*. 2015;1(17):275-280. (In Russ.).
2. Altukhov A.I. Problems of socio-economic development of the domestic Agro-Industrial Complex require an active solutions. *Economy of Agricultural and Processing Enterprises*. 2021;6:2-12. DOI: 10.31442/0235-2494-2021-0-6-2-12. (In Russ.).
3. Government statistics. Official statistical indicators. Unified Interdepartmental Information and Analytical System (EMISS). URL: <https://www.gks.ru/emiss>. (In Russ.).
4. State (national) report on the state and use of lands. Federal Service of State Registration, Cadastre and Cartography (Rosreestr). URL: <https://rosreestr.ru/site/activity/gosudarstvennoe-upravlenie-v-sfere-ispolzovaniya-i-okhrany-zemel/gosudarstvennyy-monitoring-zemel/sostoyanie-zemel-rossii/gosudarstvennyy-natsionalnyy-doklad/>. (In Russ.).
5. Making available state support funding for agricultural recipients. Ministry of Agriculture of the Russian Federation. Documents. URL: <https://mcx.gov.ru/activity/state-support/funding/>. (In Russ.).
6. Expert magazine has compiled rating of 50 leading players in the domestic agricultural market. Meat Expert Independent portal. URL: <https://meat-expert.ru/news/13072-ekspert-sostavil-reyting-50-vedushchikh-igrokov-otechestvennogo-rynka-apk/>. (In Russ.).
7. BEFL has published an annual rating of the largest owners of agricultural land in Russia. It includes 77 enterprises. BEFL Official website. URL: <https://clck.ru/3DGL3Y>. (In Russ.).
8. Korostev V.G. Development of the Russian Agri-Food Complex at the present stage: challenges and perspectives. *Regularities in Development of Regional Agrifood Systems*. 2017;1:7-13. (In Russ.).
9. Kulistikova T. Meat leaders are increasing their market share. However, the growth rate of Top 25 players has slowed down. Agroiinvestor magazine. URL: <https://www.agroiinvestor.ru/rating/article/42250-myasnye-lidery-narashchivayut-dolyu-rynka-odnako-temp-rosta-top-25-igrokov-zamedlilsya/>. (In Russ.).
10. Makarevich L.O., Ulezko A.V. Agro-industrial integration in the system of balanced development of Agri-Food systems: monograph. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Publishers; 2021. 381 p. (In Russ.).
11. Mikhalev A. To consolidate the emerging fracture. *Economics of Agriculture of Russia*. 2000;7:3-4. (In Russ.).
12. Ratings of the dairy industry. The largest companies in Russia, Belarus and the world with full information about companies, analytics and dynamics of changes. Milknews Information and Analytical Agency. URL: <https://top.milknews.ru/>. (In Russ.).
13. Reshetnikova N.V. Theory and methodology of institutional transformations in Agrifood Complex: monograph. Saratov: Saratovsky Istochnik Publishers; 2022. 231 p. (In Russ.).
14. Agriculture, hunting and forestry. Bulletins on the state of agriculture (electronic versions). Federal State Statistics Service (Rosstat). URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy/. (In Russ.).
15. Agricultural censuses. Main results. Federal State Statistics Service (Rosstat). URL: https://rosstat.gov.ru/selskhozaystvnyye_perepisi/. (In Russ.).
16. Yakovlev S.A. Reforming of the country's agricultural sector at the end of the XXth century. *Izvestiya of Saratov University. History. International Relations*. 2014;14(1):44-51. DOI: 10.18500/1819-4907-2014-14-1-44-51. (In Russ.).

Информация об авторах

Ю.Н. Коваленко – кандидат экономических наук, доцент, доцент базовой кафедры финансового контроля, анализа и аудита Главного контрольного управления г. Москвы ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», uliyaseverina@gmail.ru.

А.В. Улезько – доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела управления АПК и сельскими территориями, Научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-Черноземного района – филиал ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр имени В.В. Докучаева», arle187@rambler.ru.

Information about the authors

Yu.N. Kovalenko, Candidate of Economic Sciences, Docent, Basic Department of Financial Control, Analysis and Audit of the Main Control Department of Moscow, Plekhanov Russian University of Economics, uliyaseverina@gmail.ru.

A.V. Ulez'ko, Doctor of Economic Sciences, Professor, Chief Research Scientist, 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, arle187@rambler.ru.

Статья поступила в редакцию 17.11.2024; одобрена после рецензирования 24.12.2024; принята к публикации 14.01.2025.

The article was submitted 17.11.2024; approved after revision 24.12.2024; accepted for publication 14.01.2025.

© Коваленко Ю.Н., Улезько А.В., 2025

5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА (ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 332

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2025_1_124

EDN: LZZJSY

Экспортно ориентированное развитие монопрофильных регионов: адаптация к внешнеэкономическим ограничениям

Ирина Валентиновна Данилова^{1✉}, Ольга Александровна Богданова²,
Александр Владимирович Резепин³

^{1, 2, 3} Южно-Уральский государственный университет

(национальный исследовательский университет), Челябинск, Россия

¹ danilovaiv@susu.ru✉

Аннотация. Исследуется проблема адаптации экспортной деятельности открытых монопрофильных регионов к внешнеэкономическим ограничениям. Предмет исследования – развитие монопрофильных регионов, имеющих отличия в отраслевой структуре, технологическом потенциале, степени открытости. Цель – разработка индикаторов и классификация изменений в экспортной деятельности монопрофильных регионов для определения условий перехода на адаптивный путь развития. Теоретической и методологической основой явилась концепция влияния шоков на регионы: различия между краткосрочной адаптацией и долгосрочными процессами в постшоковый период, неоднородность и латентность структурных сдвигов, наличие условий выбора между сохранением «сложившегося пути развития» или переходом к адаптивному развитию. Основное внимание сконцентрировано на изменении экспорта как транслятора шоков в экономику. В исследовании применяются экономико-статистические методы, в том числе фильтр Ходрика-Прескота и методы определения структурных сдвигов. Предложен авторский подход, новизна которого состоит в сравнении краткосрочных потерь экспорта при постшоковой адаптации, определении направленных долгосрочных изменений: устойчивости сложившейся траектории, структурных сдвигов экспортного профиля (товарных, технологических, страновых). Выявлено, что потенциал сохранения сложившегося экспортного профиля наблюдается в Липецкой и Вологодской областях, адаптивный потенциал формируется в Свердловской области, состояние вариативности выбора – в Мурманской, Челябинской областях и Красноярском крае. Разработана аналитическая карта индикаторов и предложены пороговые значения для идентификации перехода на адаптивный путь развития, что актуально при пролонгированной отдаче регуляторных мер. Выявлены условия для сохранения открытости: реконфигурация и диверсификация экспортной деятельности, переориентация на экспорт высокотехнологичной продукции, стратегический мониторинг монопрофильных регионов и др.

Ключевые слова: внешнеэкономические ограничения, краткосрочная адаптация, «структурный след» реакции на шоки, адаптивное развитие, экспортно ориентированное развитие

Финансирование: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда и Челябинской области № 23-28-10167 «Оценка адаптивности и «ударопрочности» промышленного сектора монопрофильных регионов в условиях внешнеэкономических ограничений: диагностика и механизм переформатирования структурной политики», <https://rscf.ru/project/23-28-10167/>).

Для цитирования: Данилова И.В., Богданова О.А., Резепин А.В. Экспортно ориентированное развитие монопрофильных регионов: адаптация к внешнеэкономическим ограничениям // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2025. Т. 18, № 1(84). С. 124–140. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_124-140.

5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS (ECONOMIC SCIENCES)

Original article

Export-oriented development of single-industry regions: adaptation to external economic restrictions

Irina V. Danilova^{1✉}, Olga A. Bogdanova², Aleksandr V. Rezepin³

^{1, 2, 3} South Ural State University (national research university), Chelyabinsk, Russia

¹ danilovaiv@susu.ru✉

Abstract. The authors study the problem of adaptation of export activities of open single-industry regions to foreign economic restrictions. The subject of the study is the development of single-industry regions with differences in the industrial structure, technological potential, and degree of openness. The goal is to develop indicators and classify

variations in export activities of single-industry regions in order to determine conditions for transition to an adaptive path of development. Theoretical and methodological basis was the concept of the impact of shocks and constraints on the regional economics differences between short-term adaptation and long-term processes in the post-shock period, heterogeneity and latency of structural changes, conditions for choosing between the maintenance of the «path of development» or the transition to adaptive development. Priority attention is focused on the change in exports as a translator of external restrictions on the economy. The research applies economic-statistical methods, including the Hodrick-Prescott filter and methods for determining structural changes. The paper proposes the author's approach, the novelty of which consists in comparing short-term export losses in the period of post-shock adaptation, determining the directions of long-term changes: stability of the current trajectory, structural shifts in the export profile (commodity-based, technological, national). It was revealed that the potential for maintaining the existing export profile is observed in Lipetsk and Vologda Oblasts, the adaptive potential is being formed in the Sverdlovsk Oblast, and the state of variability in choice is in Murmansk, Chelyabinsk Oblasts and Krasnoyarsk Territory. An analytical map of indicators has been developed and threshold values have been proposed to identify the transition to an adaptive path of development, which is relevant for the prolonged impact of regulatory measures. The conditions for maintaining openness have been identified, i.e. reconfiguration and diversification of export activities, reorientation towards high-tech products export, strategic monitoring of single-industry regions, etc.

Keywords: foreign economic restrictions, short-term adaptation, «structural trace» of response to shocks, adaptive development, export-oriented development

Funding: the research was supported by the Russian Science Foundation and Chelyabinsk Oblast, Project no. 23-28-10167 "Assessment of adaptability and "shock robustness" of the industrial sector of single-industry regions under conditions of foreign economic constraints: Diagnostics and mechanism for reformatting structural policy", <https://rscf.ru/project/23-28-10167/>.

For citation: Danilova I.V., Bogdanova O.A., Rezepin A.V. Export-oriented development of single-industry regions: adaptation to external economic restrictions. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2025;18(1):124-140. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_124-140.

Уникальность сложившейся в российской экономике ситуации определяется действием двух разнонаправленных процессов: с одной стороны, общемировые научно-технологические изменения, связанные с цифровизацией, инновациями, экологизацией, ускоряющие рост в реальном секторе; с другой – сохранение масштабных внешних санкций, сдерживающих индустриальное развитие. Монопрофильность и концентрированность отраслевой структуры индустриальных регионов, доминирование производства средне- и низкотехнологичной продукции повышают уязвимость от внешних санкций регионов-лидеров несырьевого экспорта. Актуальным становится формирование гибких механизмов адаптации отраслевого производства, мобильность направлений внешнеэкономической деятельности. Анализ стратегий социально-экономического развития открытых монопрофильных регионов [4] показал, что субъекты федерации, несмотря на жесткость санкционных мер, высокие издержки восстановления экономики, запаздывают с актуализацией целей и инструментов поддержки. Как следствие, наблюдается торможение производства, в том числе инновационной и технологически сложной продукции, сжатие традиционных внешних рынков сбыта, доходов бизнеса [1]. Многообразие факторов дестабилизации, с одной стороны, а с другой – наличие конкурентоспособной экспортной продукции, прочные позиции на мировых отраслевых рынках актуализируют исследование потенциала адаптивного развития открытых монопрофильных регионов как способности к структурным изменениям в условиях непредсказуемости внешних правил и ограничений.

Развитие регионов России с учетом влияния событий 2014 и 2022 гг. позволяет систематизировать последствия и расширить теорию влияния внешних шоков на экономику регионов. Актуальным является исследование перспективы постшокового развития регионов, концентрация внимания не только на краткосрочной реакции, восстановлении и потерях экономики, но и на долгосрочных изменениях с учетом периодических санкций [3], формировании условий перехода к адаптивному формату развития. Особого внимания заслуживают монопофильные регионы, зависимые от конъюнктуры мировых рынков и внешних санкций.

В теории шоков «адаптация» и «адаптивное развитие» регионов рассматриваются как два последовательных и взаимосвязанных процесса [23], в единстве обеспечивающих «динамическую стабильность» [22] экономики, ее жизнеспособность в ситуации неожиданных разрушительных потрясений. «Адаптация» как начальный этап является нейтральным к источнику дестабилизации и состоит в реакции регионов на любое событие, неожиданно меняющее внешние условия; проявляется в стремлении восстановить дошоковый уровень производства без радикальных изменений в отраслевой структуре [21]. В условиях внешних шоков 2014 и 2022 гг. адаптация открытых монопрофильных регионов проявлялась прежде всего как ситуационное реагирование внешнеэкономических связей региона, наиболее восприимчивых к отраслевым ограничениям (восстановление логистики, торговых потоков, транспортной доступности, платежей, инвестиционных источников и др.).

Успешная адаптация и нейтрализация потерь не всегда приводят к смене стратегии развития. Как показывает анализ публикаций для регионов, зависимых от моноотрасли, постшоковая динамика может проявляться в разных форматах: либо как восстановление «базовой траектории» и движение по исторически сложившемуся пути развития («path dependence»), либо как переход на траекторию «адаптивного развития» [25].

«Базовая траектория» предполагает пассивные преобразования, включая аудит резервов отраслевого развития, внутриотраслевую диверсификацию, межотраслевую кооперацию при некардинальной перегруппировке отраслевой структуры. В итоге – экстенсивное расширение производственных возможностей в рамках сложившейся модели развития: сохранение моноструктурированной экономики и моноэкспорта, структуры экспортного портфеля, коррекция страновых потоков. В условиях неопределенности и непредсказуемости географии внешних вызовов, смены технологических и инновационных трендов курс развития в соответствии с «базовой траекторией» консервирует нестабильность промышленности и внешнеэкономической деятельности.

«Адаптивное развитие» [25] (используют также синонимы «активное», «поисковое», «гибкое») предполагает функционирование экономики в условиях постоянной вариативности и неожиданных дестабилизирующих ситуаций, перестройку и обновление регионального промышленного профиля, появление новых отраслей-лидеров, изменение технологичности производства как следствие товарной структуры экспорта. По сути, это переход к интенсивному расширению границ производственных возможностей региона: формирование промышленности, резистентной к шокам [5]; усиление ударопрочности экономики в целом через расширение отраслей специализации [18]; изменение качества экспортного потенциала региона и формирование новых внешнеэкономических позиций. Переход от восстановления после шока к адаптивному варианту развития реализуется при определенных обстоятельствах, когда складывается «критическое» для региона сочетание разнообразных внешних факторов и резонансных к ним внутренних условий («интеракции» внешних и внутренних событий).

Авторы разделяют позицию зарубежных ученых [24, 25], согласно которой в результате форс-мажорных ситуаций изменения в экономике длительное время имеют латентный характер, представлены как «структурный след» реакции на шок. Воздействие санкционных ограничений проявляется пролонгированно, предполагает структурные сдвиги в промышленности, которые «зеркально» отражаются или не отражаются на внешнеэкономической деятельности. Появление конкурентоспособных отраслевых сегментов с инновационной и высокотехнологичной продукцией в промышленности является основой трансформации экспортно ориентированного развития регионов, соответственно, «структурные следы» проявляются в изменении открытости, технологичности и масштабах экспорта, географии внешних связей.

Предметом исследования явилось развитие монопрофильных регионов, имеющих различия в отраслевой структуре, технологическом потенциале, степени открытости. Цель исследования состоит в разработке индикаторов и классификации изменений в экспортной деятельности монопрофильных регионов для определения условий перехода на адаптивный путь развития.

Научная гипотеза исследования: выход на адаптивное внешнеэкономическое развитие открытых монопрофильных регионов определяется интенсивностью отраслевых санкций, наличием существенных адаптационных потерь ВРП и экспорта, преимуществами промышленного сектора; для актуализации экспортно ориентированной стратегии развития целесообразна своевременная оценка изменений в устойчивости «базовой траектории» экспорта и поддержка адаптивной перестройки внешнеэкономической деятельности на основе оценки товарной и технологической структуры экспорта, географии поставок.

В отечественной литературе проблемы адаптационного развития в разрезе внешнеэкономической деятельности традиционно разрабатываются в контексте предприятий [9, 17], отдельных отраслей [7, 13, 16, 17] и секторов экономики [11]. Анализ адаптации регионов рассматривается преимущественно как выбор между альтернативами [10]: ориентация на внутренний рынок (импортозамещение) или сохранение экспортной модели. В то же время проблемы адаптивного развития в российской академической науке как выбор между сохранением базовой траектории либо переход на адаптивный путь развития [25] для открытых монопрофильных регионов недостаточно исследованы.

Теоретической и методологической основой явилась концепция влияния шоков на регионы: различия между краткосрочной адаптацией и долгосрочными процессами в постшоковый период, неоднородность и латентность структурных сдвигов, наличие условий выбора между сохранением «сложившегося пути развития» или переходом к адаптивному формату развития.

В данной статье представлен анализ экспортно ориентированного развития через призму регионального выбора между базовым и адаптационным форматами развития. Апробация данного подхода позволит сформировать представление о промышленном и экспортном потенциале для сохранения открытости монопрофильных регионов в условиях внешних ограничений.

Методический подход к оценке адаптационных процессов монопрофильных регионов к внешнеэкономическим ограничениям включает три этапа (табл. 1). В рамках первого этапа использованы показатели, которые позволяют оценить изменение общих параметров промышленности и экспорта региона за период 2008–2021 гг., в том числе динамику технологичности и инновационности продукции региона как индикаторов адаптационных процессов. На втором этапе определена «базовая» траектория экспорта («сложившийся путь развития»), проведен сравнительный анализ отклонений фактических параметров от потенциальных, длительности периода потерь при краткосрочной адаптации регионов к шокам. Третий этап включает оценку «структурного следа» адаптационных процессов как сдвигов в товарной, страновой и технологической структуре экспортной деятельности регионов.

Апробация методики проведена на основании статистических данных Единой межведомственной информационно-статистической системы, сборников Федеральной службы государственной статистики РФ, региональных таможенных управлений Федеральной таможенной службы. Данные об экспорте регионов пересчитаны с учетом среднегодовых курсов доллара: 24,9 руб. – в 2008 г., 38,4 руб. – в 2014 г., 73,7 руб. – в 2021 г. [2].

Таблица 1. Методика оценки влияния внешнеэкономических ограничений на экспортную деятельность регионов

Направления оценки, показатели и методы расчета	
Блок 1. Общая оценка развития регионов в долгосрочном периоде: ключевые параметры промышленности и изменения в экспорте	
Параметры экспорта 1.1. Анализ динамики экспортной квоты ($ЭК_i$), характеризующей открытость экономики региона: $ЭК_i = \frac{\Xi_i}{ВРП_i},$ где Ξ_i – объем экспорта регионального продукта в i -м году, млн долл.; $ВРП_i$ – объем валового регионального продукта i -го года, млн долл. по средневзвешенному валютному курсу. 1.2. Оценка технологичности экспортируемой продукции (T_i): $T_i = \frac{\Xi_i^{Tex}}{\Xi_i},$ где Ξ_i^{Tex} – объем экспорта средне- и высокотехнологичной продукции в i -м году, млн долл.; Ξ_i – объем экспорта в i -м году, млн долл.	
Параметры промышленного профиля 1.3. Коэффициент технологичности обрабатывающей промышленности как соотношение средне- и высокотехнологичных видов деятельности в структуре отгруженной продукции обрабатывающих производств. 1.4. Индикатор инновационной продукции – доля объема инновационных товаров в ВРП	
Блок 2. Определение «базовой траектории» экспорта монопрофильных регионов: параметры краткосрочной адаптации к отраслевым ограничениям	
2.1. Оценка отклонения фактического объема экспорта от потенциального ($ОЭ_i$), полученного с помощью фильтра Ходрика-Прескотта (для помесечных значений показателя коэффициент λ принят равным 14 400 [20]): $ОЭ_i = \Xi_i - \Xi_i^П,$ где Ξ_i – объем экспорта в i -м месяце, млн долл.; $\Xi_i^П$ – потенциальный объем экспорта в i -м месяце, млн долл. 2.2. Определение абсолютных ($АПЭ_i$) и относительных ($ОПЭ_i$) накопленных объемов потерь экспорта от внешнеэкономических ограничений: $АПЭ_i = \sum_{j=1}^i ОЭ_j , ОЭ_j \in (-\infty; 0),$ $ОПЭ_i = \frac{\sum_{j=1}^i ОЭ_j }{\sum_{j=1}^i \Xi_j}, ОЭ_j \in (-\infty; 0).$ 2.3. Продолжительность отклонения фактического объема экспорта от базовой траектории	
Блок 3. Оценка индикаторов адаптивного развития: «структурный след» изменений экспортной деятельности регионов	
3.1. Анализ сдвигов в страновой структуре экспорта, определенных с помощью интегрального показателя абсолютных структурных сдвигов ($СС_i^{Стр}$) [8]: $СС_i^{Стр} = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K d_k^i - d_k^{i-1} ,$ где d_k^i – доля k -й страны в структуре экспорта в i -м году; K – общее количество стран – торговых партнеров	
3.2. Анализ сдвигов в товарной структуре экспорта ($СС_i^{Тов}$): $СС_i^{Тов} = \frac{1}{2} \sum_{g=1}^G d_g^i - d_g^{i-1} ,$ где d_g^i – доля g -й товарной группы в структуре экспорта в i -м году; G – общее количество товарных групп ($G = 96$)	
3.3. Анализ сдвигов в технологической структуре экспорта ($СС_i^{Тех}$): $СС_i^{Тех} = \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T d_t^i - d_t^{i-1} ,$ где d_t^i – доля продукции t -го уровня технологичности в структуре экспорта в i -м году; T – общее количество технологических уровней (согласно методике Евростата экспортируемая продукция распределена на четыре уровня технологичности: высоко-, средневысоко-, средненизко- и низкотехнологичная [19])	

В анализе выделяются три периода с разной продолжительностью:

- дошоковый год;
- год возникновения первых шоковых импульсов;
- постшоковые годы.

1. 2008–2013 гг. – период влияния финансового кризиса.

2. 2014–2018 гг. – период влияния санкций / антисанкций.

3. 2021 г. – дошоковый период введения санкционных ограничений 2022–2023 гг.

Выполнить полноценное исследование адаптации и изменения экспорта к внешнеторговым ограничениям 2022 г. не представляется возможным, так как с 2021 г. закрыта официальная статистика по внешнеэкономической деятельности [15].

Объектом исследования выступили монопрофильные регионы, специализирующиеся на производстве металлургической продукции: Липецкая область (ЛО), Вологодская область (ВО), Мурманская область (МО), Свердловская область (СО), Челябинская область (ЧО) и Красноярский край (КК).

Общая оценка развития регионов в долгосрочном периоде показала, что шоковые события 2008 и 2014 гг. по-разному повлияли на экономику монопрофильных субъектов РФ. Активным контрагентом во внешней торговле являются Вологодская и Липецкая области, которые сохраняют высокие позиции в экспорте (доля экспорта к ВРП более 50%). В Свердловской, Челябинской областях и Красноярском крае наблюдается снижение коэффицента открытости с 27,2–29,5% до 17,2–22,5%.

Таблица 2. Коэффициент открытости, %

Год	СО	ВО	ЧО	КК	МО	ЛО
2008	27,7	38,4	28,6	29,5	26,9	78,0
2014	19,7	35,1	20,1	21,0	26,7	56,4
2021	22,5	52,3	17,8	17,2	31,7	59,6

Источник: рассчитано авторами по данным [12].

Безусловно, наиболее информативным является анализ структуры экспортного портфеля в разрезе соотношения продукции профильной и второй по значимости непрофильной отрасли (табл. 3).

Таблица 3. Отраслевые изменения в экспортном портфеле

Регион / показатель, %		2008 г.	2014 г.	2021 г.
ЧО	Товары профильной отрасли	89,9	82,9	86,3
	Значимая непрофильная отрасль: <i>Машины, оборудование и ТС</i>	6,2	10,0	7,7
СО	Товары профильной отрасли	70,3	60,1	67,3
	Значимая непрофильная отрасль: <i>Машины, оборудование и ТС</i>	10,4	16,4	13,5
	<i>Производство химической промышленности, каучук</i>	16,3	18,7	13,0
ВО	Товары профильной отрасли	53,1	49,6	53,4
	Значимая непрофильная отрасль: <i>Производство химической промышленности, каучук</i>	39,4	36,0	39,1
ЛО	Товары профильной отрасли	94,9	93,7	87,7
	Значимая непрофильная отрасль: <i>Продовольственные товары и сельскохозяйственное сырье</i>	1,4	3,0	9,4
КК	Товары профильной отрасли	73,7	81,0	65,0
	Значимая непрофильная отрасль: <i>Производство химической промышленности, каучук</i>	15,9	7,4	8,7
	<i>Древесина и целлюлозно-бумажные изделия</i>	7,8	8,8	18,5
МО	Товары профильной отрасли	90,4	65,2	60,6
	Значимая непрофильная отрасль: <i>Продовольственные товары и сельскохозяйственное сырье</i>	4,9	25,3	36,7

Источник: рассчитано авторами по данным [12].

Высокая концентрация экспорта на профильных отраслях характерна для Челябинской и Липецкой областей (доля продукции металлургии более 80%, относится к средне-, низкотехнологичной группе).

В Вологодской и Мурманской областях непрофильная товарная группа занимает более трети экспортного портфеля с принципиальными отличиями в уровне технологичности: рост высокотехнологичной продукции химической промышленности в Вологодской области и увеличение низкотехнологичной группы «продовольствие и сельскохозяйственное сырье» в Мурманской области.

Симметричные изменения, но с более низкими долевыми параметрами наблюдаются в Свердловской области и Красноярском крае, максимальная доля непрофильной группы за анализируемый период составляла 18,5–18,7%.

Изменения в открытости и в структуре экспортного портфеля являются не только результатом реакции на внешние шоки, но и зеркальным отражением качественных преобразований промышленного профиля.

Очевидным является положение, что в четырех из шести металлургических регионах наблюдаются изменения в отраслевой структуре промышленности, что отражается на процессах диверсификации экспорта. Так, высокотехнологичная продукция занимает пятую часть в структуре отгруженной продукции Свердловской (20,1%) и Вологодской областей (21,9%), достаточно высокие показатели высокотехнологичной продукции наблюдаются в обрабатывающей промышленности Челябинской области, но это не влияет на структуру экспортного портфеля.

Существенное влияние внешние ограничения оказали на торможение инновационной деятельности в промышленности. Только в двух регионах из шести (в регионах, в которых сосредоточена цветная металлургия) коэффициент инновационной продукции вырос, отмечено значительное сокращение в Вологодской (с 8,8 до 1,6%), Липецкой (9,7 до 5,6%) и Челябинской областях (5,8 до 2,6%), в то время как в Свердловской области коэффициент инновационной продукции относительно стабилен (6,1–6,5%). Следовательно, по данным выполненного анализа можно сделать вывод, что такие показатели сдерживают процессы адаптации промышленности и экспортной деятельности регионов (табл. 4).

Таблица 4. Показатели изменений в качественных параметрах промышленного профиля регионов

Показатель / год		СО	ВО	ЧО	КК	МО	ЛО
Доля экспорта средне-, высокотехнологичной продукции обрабатывающих производств в несырьевом экспорте, %	2008	10,4	40,0	7,4	4,5	4,5	3
	2021	26,2	34,7	7,6	11,9	0,1	0
Доля средне-, высокотехнологичной продукции обрабатывающих производств в отгруженной продукции, %	2008	20,1	21,4	16,7	14,2	15,6	10,7
	2021	20,1	21,9	17,5	9,9	6,6	7,9
Коэффициент инновационной продукции, %	2008	6,5	8,8	5,8	1,3	0,1	9,7
	2021	6,1	1,6	2,6	4,4	10,4	5,6

Источник: рассчитано авторами по данным [12, 14, 15, 19].

Общая характеристика периода 2008–2021 гг. заключается в следующем:
во-первых, регионы одного профиля специализации имеют разные тенденции изменения открытости;

во-вторых, выделяются регионы с диверсификацией экспортного портфеля – Свердловская, Вологодская, Мурманская области и Красноярский край;

в-третьих, наблюдаются разнонаправленные тенденции в технологичности промышленности и экспорта: курс на высокотехнологичную продукцию в целом в Свердловской, Вологодской и Челябинской областях и низкотехнологичную – Мурманская область и Красноярский край.

Для понимания общего курса внешней торговли определены «базовые траектории» и выделены регионы:

- с восходящей траекторией экспортной квоты – Липецкая, Вологодская и Мурманская области;

- нисходящей траекторией экспортной квоты – Свердловская, Челябинская области и Красноярский край (рис. 1).

На наш взгляд, отличия реакции на внешнеэкономические ограничения в амплитуде отклонения фактических параметров экспорта от потенциальных, то есть устойчивость «базовой траектории» у схожих по профилю регионов, при прочих равных условиях является индикатором перестройки регионального производственного профиля, наличия или отсутствия адаптационных процессов в экономике.

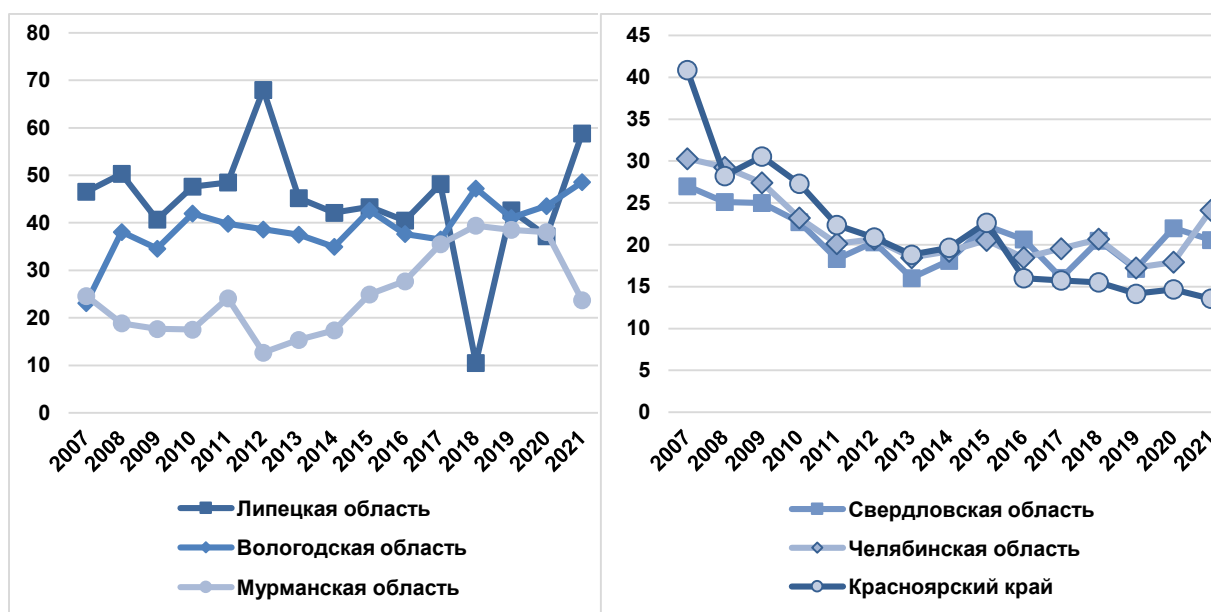


Рис. 1. Динамика открытости экономики (экспортной квоты) монопрофильных регионов, %

Источник: построено по данным [2, 6].

Для сравнения степени устойчивости «базовой» траектории развития монопрофильных регионов в контексте процессов адаптации к шокам проведена оценка отклонений фактических объемов экспорта от потенциальных (трендовых) значений (фрагмент анализа по Челябинской области представлен на рисунке 2).

Реакция регионов в краткосрочном периоде на шок однозначна – сокращение стоимостного объема экспорта по сравнению с потенциальным уровнем, что свойственно регионам с разной конфигурацией «базовой траектории»:

- нисходящей ($\searrow$);
- восходящей ($\nearrow$);
- неизменной ($\rightarrow$).

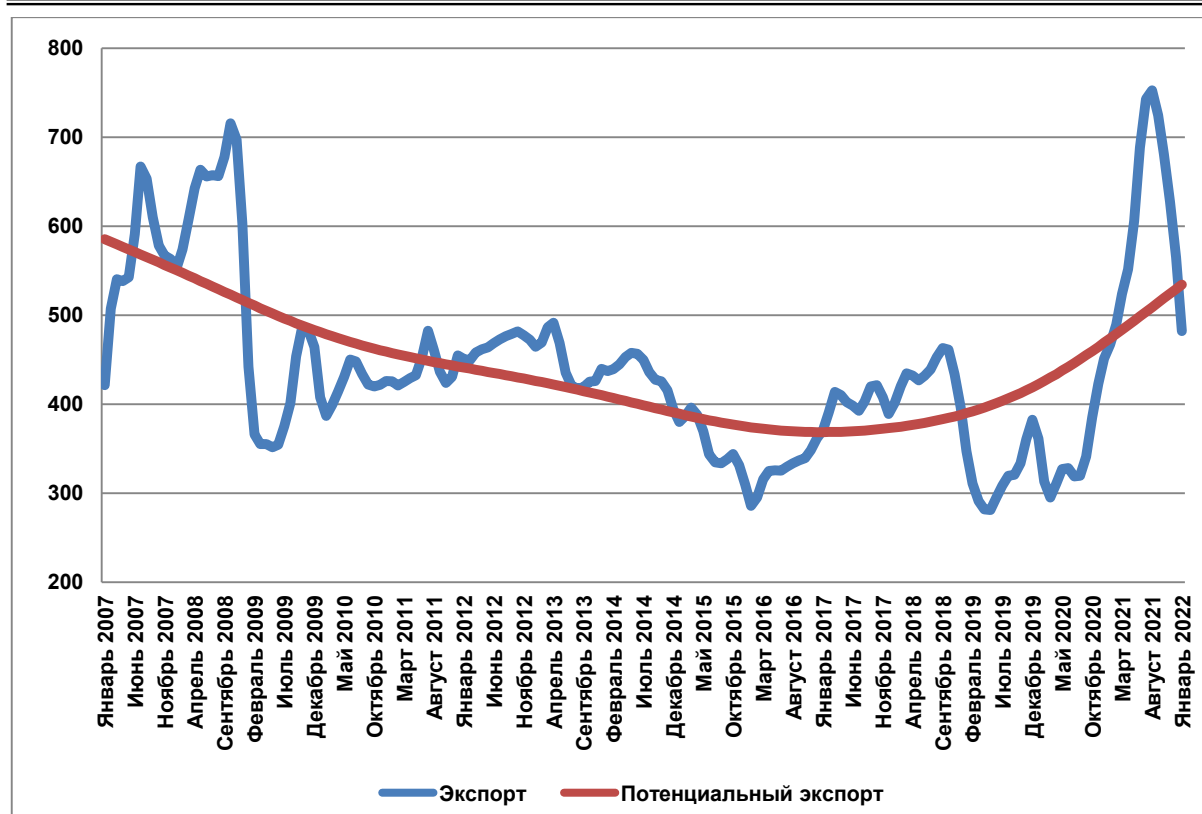


Рис. 2. Динамика фактического и потенциального объемов экспорта Челябинской области, млн долл.

Источник: построено по данным [2, 6].

Показано, что продолжительность периода отклонения изменяется в интервале от 19 до 30 месяцев (табл. 5 и рис. 3).

Таблица 5. Анализ устойчивости «базовой траектории» и потерь экспорта от внешнеэкономических ограничений

Показатель	ЛО	ВО	МО	СО	ЧО	КК	ЛО	ВО	МО	СО	ЧО	КК
	Внешнеэкономические ограничения 2008 г.						Внешнеэкономические ограничения 2014–2015 гг.					
«Базовая траектория» на интервале	↗	↗	↗	↘	↘	↘	→	→	↗	↘	↘	↘
Продолжительность отклонения от «базовой траектории», мес.	26	16	23	30	29	22	24	27	21	19	20	27
Накопленный объем потерь экспорта, млн долл.	1804	1143	521	2195	1797	2789	1650	734	865	1169	852	2364
Относительное значение накопленного объема потерь экспорта, %	23,9	33,2	22,1	12,1	15,1	19,8	26,4	10,5	23,6	10,7	12,8	20,5
Отношение экспортной квоты (2011/2008; 2017/2014)	0,96	1,04	1,28	0,73	0,69	0,79	1,14	1,04	2,04	0,89	1,02	0,80

Источник: рассчитано авторами по данным [6].



Рис. 3. Потери экспорта Челябинской области от внешнеэкономических ограничений

Источник: построено по данным [2, 6].

Оценка накопленных потерь регионального экспорта в результате внешнеэкономических шоков при сравнении 2008 г. и 2014–2015 гг. показывает общую тенденцию на снижение величины потерь, за исключением Мурманской области – соответственно от 521 до 865 млн долл. Наибольшие по масштабам потери отмечены в Красноярском крае – 2,8 и 2,4 млрд долл. Максимальные относительные значения накопленного объема потерь экспорта фиксируются в регионах с восходящей «базовой траекторией»: 33,2% от общего объема экспорта в Вологодской области в 2009–2010 гг., 23,9 и 26,4% – в Липецкой области соответственно в 2009–2011 гг. и 2015–2016 гг. (выделены заливкой в табл. 5). В данных регионах, несмотря на потери в экспорте, в последующие четыре года сохраняется тенденция усиления внешнеэкономической открытости (значение отношения экспортной квоты превышает 1). При этом следует учитывать, что экспортная продукция непрофильных отраслей в меньшей мере пока является объектом санкций, что можно отнести к факторам сохранения высокого уровня открытости.

Комплекс показателей, характеризующих последствия для регионов шоковых ситуаций, позволяет сделать вывод, что существенные потери (относительное значение накопленных потерь) не всегда выступают критической точкой для кардинальных изменений, так как наличие факторов внутренней мобилизации, таких как непрофильные отрасли и их продукция в структуре экспорта, например в Вологодской и Свердловской областях, явились своеобразным «буфером», смягчающим удар, что подтверждает снижение адаптационных потерь в Вологодской и Свердловской областях соответственно с 33,2 до 10,5% и с 12,1 до 10,7%. В целом наличие непрофильной продукции в регионах (Свердловская, Вологодская, Мурманская области и Красноярский край) создает перспективу снижения потерь экспорта в развитии при последующих внешних шоках. Но в сложившихся условиях переориентация на рынки непрофильной продукции для Мурманской области и Красноярского края не имела стабилизационного эффекта, что, на наш взгляд, можно объяснить уровнем технологичности экспортного портфеля в отличие от Вологодской и Свердловской областей, где при переориентации отмечено увеличение продукции непрофильных отраслей как средне-, так и высокотехнологичного уровня.

Для оперативной инструментальной поддержки экспортной деятельности в наиболее перспективных направлениях, обеспечивающих сохранение позиции регионов на мировых отраслевых рынках, необходимы «сигнальные» параметры о латентных изменениях, характеризующих начало перехода к адаптационному формату развития. В связи с этим авторами предложено оценивать три вида структурных сдвигов в экспорте – в географии внешнеэкономической деятельности, товарной номенклатуре и технологичности продукции – как формах проявления «структурного следа» адаптивного развития в ответ на санкционные ограничения (табл. 6, заливкой выделены максимальные значения сдвигов, возникших после ограничений 2008 и 2014–2015 гг.).

Таблица 6. Максимальные значения сдвигов в структуре экспорта, возникших после введения внешнеэкономических ограничений

Показатель	ЛО	ВО	МО	СО	ЧО	КК	ЛО	ВО	МО	СО	ЧО	КК
	Внеэкономические ограничения 2008 г.						Внеэкономические ограничения 2014–2015 гг.					
Сдвиги в страновой структуре экспорта, % / год	8,1 / 2008	20,4 / 2008	19,4 / 2008	15,6 / 2008	14,7 / 2008	24,0 / 2008	9,5 / 2015	26,5 / 2016	34,8 / 2016	41,8 / 2016	24,6 / 2015	20,4 / 2015
Сдвиги в товарной структуре экспорта, % / год	2,5 / 2009	13,3 / 2008	21,7 / 2008	16,6 / 2011	10,6 / 2010	14,7 / 2008	3,4 / 2016	10,3 / 2017	10,8 / 2017	38,4 / 2016	13,7 / 2016	19,9 / 2015
Сдвиги в технологической структуре экспорта, % / год	2,3 / 2009	3,9 / 2008	15,1 / 2008	7,5 / 2011	1,5 / 2009	5,4 / 2008	3,1 / 2016	2,1 / 2016	5,9 / 2017	29,8 / 2016	4,7 / 2016	13,8 / 2016

Источник: рассчитано авторами по данным [14, 15].

Визуализация «структурного следа» адаптации для группы регионов с восходящей или стабильной «базовой траекторией» представлена на рисунке 4, для группы регионов с нисходящей «базовой траекторией» – на рисунке 5.

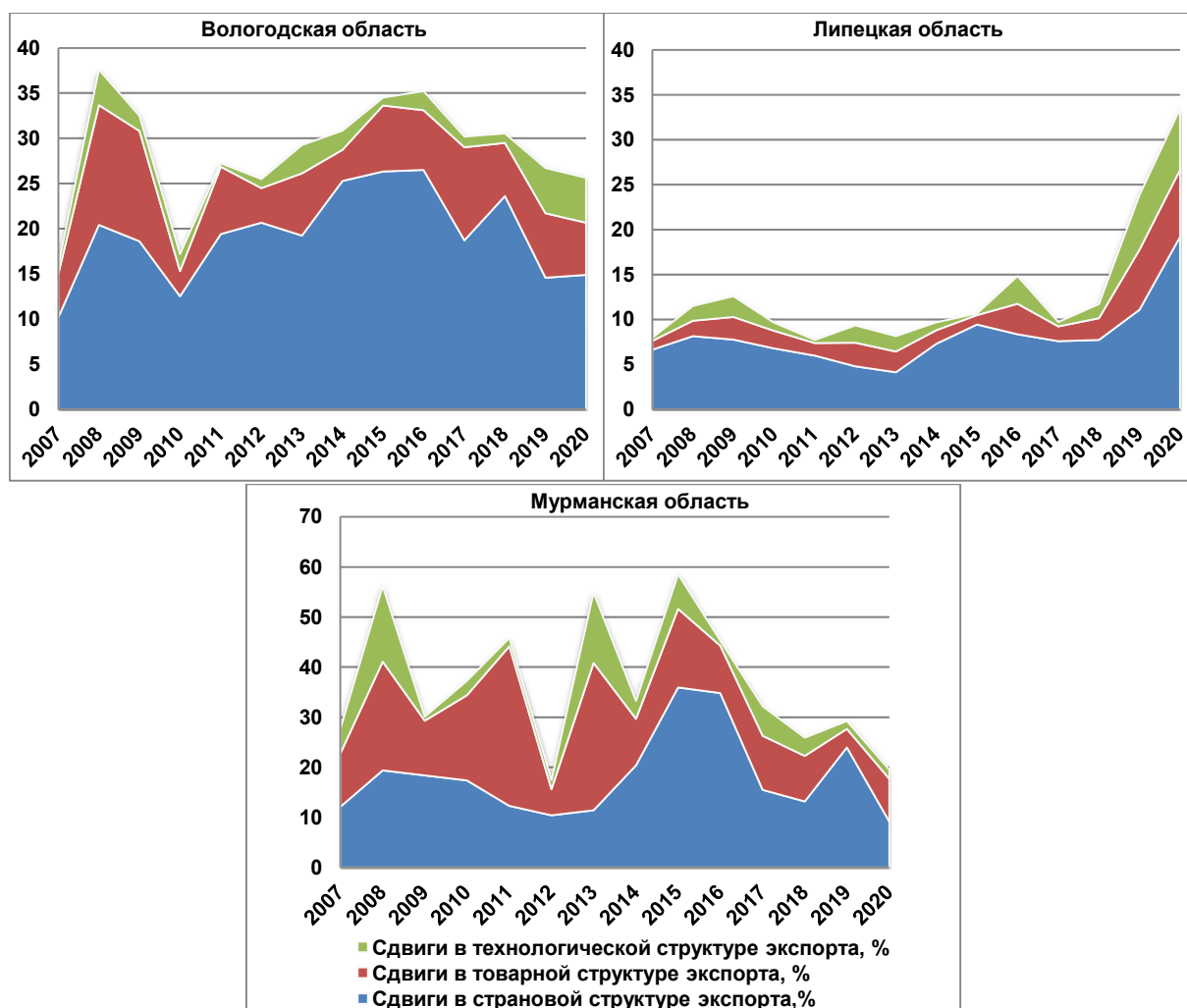


Рис. 4. «Структурный след» адаптации Вологодской, Липецкой и Мурманской областей к внешнеэкономическим ограничениям (регионы с восходящей траекторией экспортной квоты)

Источник: построено по данным [2, 6].

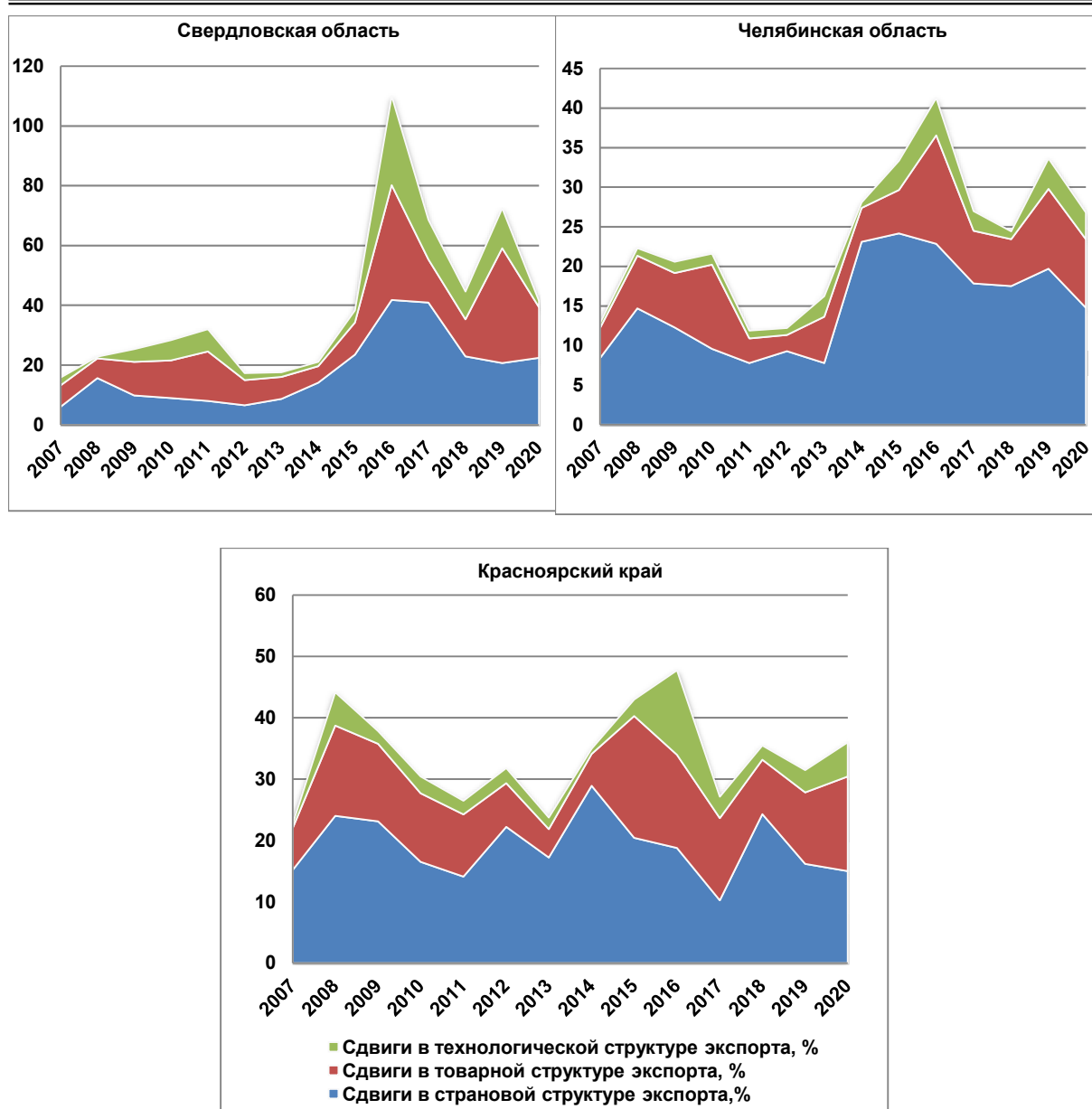


Рис. 5. «Структурный след» адаптации Красноярского края, Свердловской и Челябинской областей к внешнеэкономическим ограничениям (регионы с нисходящей траекторией экспортной квоты)

Источник: построено по данным [2, 6].

«Структурный след» адаптации экспортной деятельности монопрофильных регионов с металлургической специализацией после 2014–2015 гг. оказался более значительным, чем после 2008 г. Для большинства исследуемых регионов структурные изменения в большей мере проявляются в части перестройки географии экспортной деятельности (значения сдвигов в страновой структуре экспорта больше, нежели по другим показателям). При этом максимальные значения сдвигов в страновой структуре экспорта наблюдаются в год введения ограничений или в следующем. Соответственно, консерватизм отраслевой структуры промышленности и монопрофильность сдерживают кардинальную перестройку товарной и технологической структуры экспорта. Процессы адаптивного развития, обновления регионального производственного и внешнеэкономического профиля существенно запаздывают, не успевают сформироваться в условиях динамичности внешних правил торговли.

По результатам исследования авторами проведен статистический анализ характеристик адаптационного развития монопрофильных регионов (табл. 7), выделены условия сохранения / увеличения уровня открытости, а именно:

1) если до введения ограничений наблюдается устойчивая тенденция роста объемов экспорта темпами, превышающими темп роста ВРП («базовая траектория» имеет восходящую тенденцию);

2) регион отличается высокими потерями объема экспорта в результате введения внешнеэкономических ограничений, что, на наш взгляд, можно интерпретировать как преодоление порога, необходимого для запуска механизмов адаптации;

3) региональная экономика за короткий период находит новые рынки сбыта, и в страновой структуре экспорта фиксируются значительные сдвиги;

4) более высокую открытость демонстрируют регионы, следующие по пути увеличения уровня технологичности экспортируемой продукции, которая конкурентоспособна и находит потребителей на мировых рынках.

В таблице 7 представлены средние значения отношения экспортной квоты монопрофильных регионов через три года после введения ограничений к моменту введения ограничений (2011/2008 и 2017/2014), пороговые значения (критерии разграничения) определены на основе оценки медианных значений показателей по всем наблюдениям (заливкой выделены ситуации, в которых чаще наблюдается восстановление / усиление уровня открытости региональной экономики).

Таблица 7. Статистический анализ факторов изменения уровня открытости экономики монопрофильных регионов

«Базовая траектория»	Восходящая	Нисходящая
	1,33	0,82
Относительное значение накопленного объема потерь экспорта	Высокие потери – не менее 20%	Низкие потери – менее 20%
	1,21	0,86
Сдвиги в страновой структуре экспорта, % / год	Значительные сдвиги – не менее 20%	Незначительные сдвиги – менее 20%
	1,14	0,93
Сдвиги в товарной структуре экспорта, % / год	Значительные сдвиги – не менее 15%	Незначительные сдвиги – менее 15%
	0,93	1,09
Сдвиги в технологической структуре экспорта, % / год	Значительные сдвиги – не менее 8%	Незначительные сдвиги – менее 8%
	0,99	1,05
Направление изменения технологической структуры	Рост доли технологичной продукции в экспорте	Снижение доли технологичной продукции в экспорте
	1,06	0,98

Источник: рассчитано авторами по данным [6].

Региональная экономика без существенного изменения товарной и технологической структуры экспорта, но при кардинальной перестройке регионального промышленного профиля ориентирована на внутренний рынок и расширяет возможности импортозамещения, что и проявляется в снижении уровня открытости.

Для обобщения результатов авторами составлена аналитическая карта сформированных условий перехода на адаптивный формат, которая показывает, что реакция моноспециализированных регионов на внешнеэкономические ограничения неоднородна.

Совместный анализ показателей краткосрочной адаптации с параметрами структурных изменений в промышленности и экспортном профиле, учет «пороговых значений» (табл. 8, «+» – значение показателя превышает пороговую величину; «–» – значение показателя ниже пороговой величины) позволяют позиционировать регионы, выделить тенденции сохранения сложившейся («базовой») траектории, оценить структурные сдвиги и потенциал адаптивного развития.

Таблица 8. Аналитическая карта региональной адаптации и оценка потенциала адаптационного развития

Показатели	Параметры оценки потенциала	Пороговое значение	ЛО	ВО	МО	СО	ЧО	КК	ЛО	ВО	МО	СО	ЧО	КК
			Внешнеэкономические ограничения 2008 г.						Внешнеэкономические ограничения 2014–2015 гг.					
Относительное значение накопленного объема потерь экспорта	Адаптация	20%	+	+	+	-	-	+	+	-	+	-	-	+
Сдвиги в страновой структуре экспорта		20%	-	+	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+
Сдвиги в товарной структуре экспорта	Адаптивное развитие (экспорт)	15%	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	+
Сдвиги в технологической структуре экспорта		8%	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+
Доля экспорта средне-, высокотехнологичной продукции обрабатывающих производств в несырьевом экспорте		10%	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-	+
Коэффициент инновационной продукции	Изменения в параметрах промышленного профиля	5%	+	+	-	+	+	-	-	+	-	+	+	-
Доля средне-, высокотехнологичной продукции обрабатывающих производств в отгруженной продукции		15%	-	+	-	+	+	-	-	+	-	+	+	-
«Базовая траектория» развития на интервале			↗	↗	↗	↘	↘	↘	→	→	↗	↘	↘	↘
Потенциал адаптационного развития (+), сохранения сложившейся базовой траектории (-), нестабильность выбора (+/-)			-	-	+/-	+	+/-		-	-	+/-	+	+/-	+/-

Источник: составлено авторами.

Заключение

Проведенный анализ показал, что сходство экономик монопрофильных регионов в части специализации на производстве и экспорте металлургической продукции не является залогом сохранения внешнеэкономических ограничений.

Потенциал сохранения традиционного экспортно ориентированного направления развития характерен для Липецкой и Вологодской областей, переход на адаптивный путь выстраивается в Свердловской области, состояние вариативности и нестабильного выбора характеризует экономику Мурманской, Челябинской областей и Красноярского края.

Итоговые выводы по адаптационным изменениям достаточно сложны в силу сохранения отраслевых ограничений, отсутствия теории пороговых значений для идентификации трансформационных изменений, но накопленная эмпирическая база позволяет запустить процесс мониторинга монопрофильных регионов: устойчивости базовой траектории, характера и направления перестройки регионального промышленного профиля, глубины и устойчивости «структурного следа» адаптационного развития. Полученные результаты апробации методики позволили конкретизировать факторы изменения уровня открытости и, соответственно, подтвердить выдвинутую в статье гипотезу.

Исследование может быть расширено за счет анализа комплекса региональных и отраслевых факторов, определяющих индивидуальные особенности базовых траекторий развития регионов металлургического профиля, а также изучения механизмов адаптации промышленных комплексов регионов к изменяющимся условиям внешней среды. Результаты исследования представляют интерес для органов исполнительной власти, отвечающих за промышленную политику и развитие внешнеэкономических связей регионов.

Список источников

1. Акиндинова Н.В., Авдеева Д.А., Бессонов В.А. и др. Экономика России под санкциями: от адаптации к устойчивому росту: доклад к XXIV Ясинской (Апрельской) международной научной конференции по проблемам развития экономики и общества, Москва, 2023 г. Москва: Изд. дом Высшей школы экономики, 2023. 64 с.
2. База данных по курсам валют [Электронный ресурс] // Официальный сайт Банка России. URL: https://www.cbr.ru/currency_base (дата обращения: 20.11.2023).
3. Гасиев П.Е., Мусостова Д.Ш. Некоторые подходы к формированию современной региональной промышленной политики // Вестник Академии знаний. 2019. № 31(2). С. 66–69.
4. Данилова И.В., Антонюк В.С., Богданова О.А. «Ударопрочность» монопрофильных регионов в условиях внешних шоков: оценка и управленческие решения // Управленец. 2023. Т. 14, № 6. С. 33–49. DOI: 10.29141/2218-5003-2023-14-6-3.
5. Данилова И.В., Правдина Н.В., Салимоненко Е.Н. Центры отраслевого развития моноспециализированных регионов: диагностика перспективных специализаций // Экономика устойчивого развития. 2021. № 2 (46). С. 46–57.
6. Избранные показатели. Параметры экспорта [Электронный ресурс] // Единая межведомственная информационно-статистическая система. Государственная статистика. URL: <https://fedstat.ru> (дата обращения: 20.11.2023).
7. Кнобель А.Ю., Спартак А.Н., Баева М.А. и др. Внешнеэкономическая деятельность как источник экономического роста. Москва: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2019. 60 с.
8. Ковалева Т.Ю. Статистические показатели в анализе структуры социально-экономической системы // Инновационная наука. 2015. Т. 1, № 4-1. С. 63–71.
9. Кузык М.Г., Симачев Ю.В. Стратегии адаптации российских компаний к санкциям 2022 г. // Журнал Новой экономической ассоциации. 2023. № 3 (60). С. 172–180. DOI: 10.31737/22212264_2023_3_172-180.

10. Об утверждении Стратегии развития металлургической промышленности РФ на период до 2030 г.: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2022 г. № 4260-р [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/405963845/> (дата обращения: 20.11.2023).
11. Орлов С.Н., Луговой И.Н. Адаптационный потенциал сектора малого и среднего предпринимательства в современных условиях // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера: Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. 2022. Т. 2, № 3. С. 347–356. DOI: 10.34130/2070-4992-2022-2-3-347.
12. Регионы России. Социально-экономические показатели [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Статистические издания. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения: 20.11.2023).
13. Старикова М.С. Методические подходы к оценке уровня адаптивности отраслей экономики // Вестник ВГУ. Серия: экономика и управление. 2016. № 3. С. 37–41.
14. Степанов Е.А., Килина И.П., Антоненко Е.В. Анализ показателей внешней торговли регионов России за 2006–2018 гг.: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020610355 Российская Федерация.
15. Таможенная статистика. Справочные и аналитические материалы [Электронный ресурс] // Федеральная таможенная служба (ФТС России). URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 20.11.2023).
16. Трунов М.С. Развитие адаптационного механизма хозяйствующих субъектов аграрной сферы: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. Воронеж, 2021. 169 с.
17. Ячменева В.М., Ячменев Е.Ф. Методика оценки уровня адаптации деятельности предприятия к изменяющимся условиям внешней среды // Научный вестник: Финансы, банки, инвестиции. 2019. № 4. С. 90–100.
18. Bruneau M., Chang S., Eguchi R. et al. A framework to quantitatively assess and enhance the seismic resilience of communities // EERI Spectra Journal. 2003. Vol. 19(4). Pp. 733–752. DOI:10.1193/1.1623497.
19. Glossary: High-tech classification of manufacturing industries. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Hightech_classification_of_manufacturing_industries.
20. Hodrick R.J., Prescott E.C., Postwar U.S. Business cycles: An empirical investigation // Journal of Money, Credit and Banking. 1981. Vol. 29(1). Pp. 1–16.
21. Iordana M., Chilian M.-N., Grigorescu A. Regional Resilience in Romania - Between Realism and Aspirations // Procedia Economics and Finance. 2015. Vol. 22. Pp. 627–635.
22. Lewis M.W. Exploring paradox: Toward a more comprehensive guide // Academy of Management Review. 2000. Vol. 25(4). Pp. 760–776. DOI: 10.2307/259204.
23. Majoor S. Resilient practices: A paradox-oriented approach for large-scale development projects // Town Planning Review. 2015. Vol. 86. Vol. 3. Pp. 257–277. DOI: 10.3828/tpr.2015.17.
24. Woods D.D. The theory of graceful extensibility: basic rules that govern adaptive systems // Environment Systems and Decisions. 2018. Vol. 38. Pp. 433–457. DOI: 10.1007/s10669-018-9708-3.
25. Woods D., Wreathall, J. Stress-strain plots as a basis for assessing system resilience // Resilience Engineering Perspectives. 2010. Vol. 12. Pp. 145–161.

References

1. Akindinova N.V., Avdeeva D.A., Bessonov V.A. et al. Russian economy under sanctions: from adaptation to sustainable growth. Moscow: Publishing House of the Higher School of Economics; 2023. 63 p. (In Russ.).
2. The official exchange rates of foreign currencies. The Bank of Russia website. URL: https://cbr.ru/eng/currency_base/. (In Russ.).
3. Gasiev P.E., Musostova D.Sh. Some approaches to the formation of a modern regional industrial policy. *Bulletin of the Academy of Knowledge*. 2019;31(2):66-69. (In Russ.).
4. Danilova I.V., Antonyuk V.S., Bogdanova O.A. Shock robustness of single-industry regions: Assessment and governance. *The Manager*. 2023;14(6):33-49. DOI: 10.29141/2218-5003-2023-14-6-3. (In Russ.).
5. Danilova I.V., Pravdina N.V., Salimonenko E.N. Centers of industry development of monospecialized regions: diagnostics of perspective specializations. *Economics of Sustainable Development*. 2021;2(46):46-57. (In Russ.).
6. Selected Indicators. Export parameters. Unified Interdepartmental Information and Statistical System. Government Statistics. URL: <https://fedstat.ru>. (In Russ.).
7. Knobel A.Yu., Spartak A.N., Baeva M.A. et al. Foreign economic activity as a source of economic growth. Moscow: Delo Publishing House of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration; 2019. 60 p. (In Russ.).
8. Kovaleva T.Yu. Statistical indicators in the analysis of the structure of the socio-economic system. *Innovative Science*. 2015;1(4-1):63-71. (In Russ.).
9. Kuzyk M.G., Simachev Yu.V. Strategies of Russian companies to adapt to the 2022 sanctions. *Journal of the New Economic Association*. 2023;3(60):172-180. DOI: 10.31737/22212264_2023_3_172-180. (In Russ.).

10. On approval of the Development Strategy of the metallurgical industry of the Russian Federation for the period until 2030: Order of the Government of the Russian Federation of 28 December 2022 No. 4260-r. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/405963845/>. (In Russ.).
11. Orlov S.N., Lugovoy I.N. Problems of adaptation of small and medium-sized enterprises of border territories to modern challenges. *Corporate governance development of the North: Bulletin of the Research Center for Corporate Law, Management and Venture Investment of Syktyvkar State University*. 2022;2(3):347-356. DOI: 10.34130/2070-4992-2022-2-3-347.
12. Regions of Russia. Social and Economic Indicators. Federal State Statistics Service (Rosstat). Statistical publications. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204>. (In Russ.).
13. Starikova M.S. Methodical approaches to assessment of the level of adaptability of industries. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Economics and Management*. 2016;3:37-41. (In Russ.).
14. Stepanov E.A., Kilina I.P., Antonenko E.V. Analysis of the foreign trade indicators of the regions of Russia for 2006-2018: Certificate of State Registration of the Computer Program No. 2020610355 Russian Federation. (In Russ.).
15. Customs Statistics. Reference and Analytical Data. Federal Customs Service (FCS of Russia). URL: <https://customs.gov.ru/statistic>. (In Russ.).
16. Trunov M.S. Development of the adaptation mechanism of economic entities in the agricultural sector: Candidate dissertation in economic sciences: 08.00.05. Voronezh, 2021. 169 p. (In Russ.).
17. Yachmeneva V.M., Yachmenev E.F. Methodology for estimating the adaptation level of the enterprise to changing external environmental conditions. *Scientific Bulletin: finance, banking, investments*. 2019;4:90-100. (In Russ.).
18. Bruneau M., Chang S., Eguchi R. et al. A framework to quantitatively assess and enhance the seismic resilience of communities. *EERI Spectra Journal*. 2003;19(4):733-752. DOI:10.1193/1.1623497.
19. Glossary: High-tech classification of manufacturing industries. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Hightech_classification_of_manufacturing_industries.
20. Hodrick R.J., Prescott E.C., Postwar U.S. Business cycles: An empirical investigation. *Journal of Money, Credit and Banking*. 1981;29(1):1-16.
21. Iordana M., Chilian M.-N., Grigorescu A. Regional Resilience in Romania - Between Realism and Aspirations. *Procedia Economics and Finance*. 2015;22:627-635.
22. Lewis M.W. Exploring paradox: Toward a more comprehensive guide. *Academy of Management Review*. 2000;25(4):760-776. DOI: 10.2307/259204.
23. Majoor S. Resilient practices: A paradox-oriented approach for large-scale development projects. *Town Planning Review*. 2015;86(3):257-277. DOI: 10.3828/tpr.2015.17.
24. Woods D.D. The theory of graceful extensibility: basic rules that govern adaptive systems. *Environment Systems and Decisions*. 2018;38:433-457. DOI: 10.1007/s10669-018-9708-3.
25. Woods D., Wreathall, J. Stress-strain plots as a basis for assessing system resilience. *Resilience Engineering Perspectives*. 2010;12:145-161.

Информация об авторах

И.В. Данилова – доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры экономической теории, региональной экономики, государственного и муниципального управления, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», daniilovaiv@susu.ru.

О.А. Богданова – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономической теории, региональной экономики, государственного и муниципального управления, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», oly22061990@mail.ru.

А.В. Резепин – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономической теории, региональной экономики, государственного и муниципального управления, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», avrezepin@susu.ru.

Information about the authors

I.V. Danilova, Doctor of Economic Sciences, Professor, the Dept. of Economic Theory, Regional Economics, State and Municipal Management, South Ural State University (national research university), daniilovaiv@susu.ru.

O.A. Bogdanova, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Economic Theory, Regional Economics, State and Municipal Management, South Ural State University (national research university), oly22061990@mail.ru.

A.V. Rezepin, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Economic Theory, Regional Economics, State and Municipal Management, South Ural State University (national research university), avrezepin@susu.ru.

Статья поступила в редакцию 20.11.2024; одобрена после рецензирования 23.12.2024; принята к публикации 15.01.2025.

The article was submitted 20.11.2024; approved after reviewing 23.12.2024; accepted for publication 15.01.2025.

© Данилова И.В., Богданова О.А., Резепин А.В., 2025

5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА
(ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 338.433.4

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2025_1_141

EDN: MCGVEQ

**Направления реализации импортозамещающей
стратегии в молочнопродуктовой цепочке России**

Наталья Анатольевна Яковенко¹, Ирина Серафимовна Иваненко^{2✉}

^{1, 2} Институт аграрных проблем – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Саратовский научный центр Российской академии наук», Саратов, Россия

² ivanenko.i.s@yandex.ru[✉]

Аннотация. Проблема обеспечения продовольственной безопасности значительно обострилась в связи с появлением новых рисков и угроз, вызванных главным образом экономическими санкциями, введенными западными странами в отношении России. Рост числа внешних вызовов активизировало процессы импортозамещения. Целью исследования является определение направлений и механизмов реализации импортозамещающей стратегии развития молочнопродуктовой цепочки для повышения уровня продовольственной безопасности России. Изучена динамика изменения объемов и структуры ресурсов молока и молочной продукции в России в 2010–2021 гг. Представлены результаты анализа институциональных изменений в молочном животноводстве в 1990–2022 гг. Выявлены тенденции развития производства молока и молочной продукции, такие как многоукладность, низкая концентрация, усиление влияния интенсивных факторов на рост производства сырого молока. В настоящее время наблюдается увеличение объемов производства сырого молока и уровня его товарности, что позволило расширить сырьевую базу предприятий молочной промышленности. Рост производства молока происходит за счет интенсивных факторов, в том числе повышения надоев от одной коровы, при этом положительная динамика молочной продуктивности не компенсирует сокращение дойного стада. Рост продуктивности наблюдается в сельскохозяйственных предприятиях, в то время как в хозяйствах населения надой на одну корову с 2010 г. практически не изменились. Отмечается высокая технико-технологическая импортозависимость на всех стадиях молочнопродуктовой цепочки. В результате санкций наблюдается уход основных поставщиков техники и оборудования для производства молока и молочной продукции с российского рынка, дефицит запчастей и комплектующих, отказ в техническом и сервисном обслуживании. Обосновывается значение государственной поддержки стратегических направлений импортозамещения, что обусловлено необходимостью привлечения больших объемов инвестиций в связи с длительными сроками окупаемости проектов в молочнопродуктовой цепочке.

Ключевые слова: импортозамещение, импортозависимость, продовольственная безопасность, молочнопродуктовая цепочка, стратегия, санкции, государственная поддержка

Для цитирования: Яковенко Н.А., Иваненко И.С. Направления реализации импортозамещающей стратегии в молочнопродуктовой цепочке России // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2025. Т. 18, № 1(84). С. 141–152. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_141–152.

5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS
(ECONOMIC SCIENCES)

Original article

**Directions for the development of import substituting
strategy in the dairy product chain of Russia**

Natalia A. Yakovenko¹, Irina S. Ivanenko^{2✉}

^{1, 2} Institute of Agrarian Problems – Subdivision of the Federal State Budgetary Research Institution
Saratov Federal Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Saratov, Russia

² ivanenko.i.s@yandex.ru[✉]

Abstract. The problem of ensuring food security has significantly worsened due to the emergence of new risks and threats caused mainly by economic sanctions imposed by Western countries against Russia. The growing number of external challenges has intensified import substitution processes. The purpose of the study is to identify the directions and mechanisms for implementing an import-substituting strategy for the development of the dairy product chain to improve Russia's food security. The dynamics of changes in the volume and structure of milk and dairy products resources in Russia in 2010–2021 has been studied. The results of the analysis of institutional changes in dairy farming in 1990–2022 are presented. Trends in the development of milk production and dairy products have been identified, such as multiplicity, low concentration, and increased influence of intensive

factors on the growth of raw milk production. Currently, there is an increase in the production of raw milk and the level of its marketability, which has made it possible to expand the raw material base of dairy industry enterprises. The increase in milk production is due to intensive factors, including an increase in milk yield per cow, while the positive dynamics of milk productivity does not compensate for the reduction in the milking herd. Productivity growth is observed in agricultural enterprises, while in households the milk yield per cow has remained virtually unchanged since 2010. There do exist high technical and technological import dependence at all stages of the dairy product chain. As a result of current sanctions, main suppliers of machinery and equipment for producing milk and dairy products exited from Russia's market, spare parts and components reserves decreased, producers refused in service and maintenance, etc. The importance of government support for strategic import substitution directions is substantiated, which is due to necessity to attract large amounts of investments due to long investment projects payback periods in the dairy product chain.

Keywords: import substitution, import dependence, food security, dairy product chain, strategy, sanctions, government support

For citation: Yakovenko N.A., Ivanenko I.S. Directions for the development of import substituting strategy in the dairy product chain of Russia. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2025;18(1):141-152. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_141-152.

Введение

Усиление влияния внешних вызовов на устойчивость продовольственной системы России активизировало процессы импортозамещения. В условиях глобальных санкционных ограничений импортозамещение в агропродовольственном комплексе России является основной национальной целью развития экономики. В отечественной экономической литературе выделяют несколько подходов к понятию «импортозамещение». Одни авторы рассматривают импортозамещение как процесс увеличения внутреннего производства и потребления отечественных товаров при снижении потребления импортных товаров [3, 19, 20], другие – трактуют импортозамещение как часть протекционистской политики государства, направленной на защиту внутреннего производителя путем замещения импортируемых товаров и технологий отечественными аналогами [1, 7, 21]. Отдельные исследования посвящены региональным и отраслевым аспектам импортозамещения [2, 4, 6, 8, 9, 11, 17, 23].

Современный этап развития агропродовольственного комплекса России характеризуется структурными изменениями, которые происходят под влиянием инновационных факторов, усиления конкуренции и финансово-экономической нестабильности. Это требует новых подходов к определению сущности импортозамещения, повышению научной обоснованности задач, целевых показателей и ресурсного обеспечения, методов реализации. Стратегическими задачами импортозамещения становятся формирование локальных продуктовых цепочек, восполнение недостающих элементов в цепочках и снижение импортозависимости в стратегических сферах [10]. В условиях системных преобразований импортозамещение в агропродовольственном комплексе представляет собой экономическую стратегию, направленную на обеспечение продовольственной безопасности страны путем реализации политики протекционизма для преодоления деформаций продуктовых цепочек и производственно-сбытовых связей, формирования сбалансированной структуры агропродовольственного комплекса на инновационной основе, развития конкурентных преимуществ национальных производителей, оптимизации товарной структуры агропродовольственного импорта.

Молочнопродуктовая цепочка является стратегически значимой подсистемой агропродовольственного комплекса России. Уровень самообеспечения молоком и молочной продукцией является одним из критериев оценки продовольственной независимости страны. Потребление молока и молочных продуктов входит в структуру рационального питания как основной источник животного белка, кальция, витаминов Д, В₂ и В₁₂. Поэтому исследование тенденций развития молочнопродуктовой цепочки России, обоснование стратегических направлений реализации стратегии импортозамещения является актуальным.

Цель исследования – определение направлений и механизмов реализации импортозамещающей стратегии развития молочнопродуктовой цепочки, обеспечивающей продовольственную безопасность страны и конкурентоспособность национального агропродовольственного комплекса.

Материалы и методы исследования

Теоретической и методологической основой исследования являются труды российских и зарубежных ученых, в которых рассматриваются теория и практика импортозамещения в агропродовольственном комплексе, изменение подходов к трактовке импортозамещения в современных условиях, изменения границ применения и особенности в продуктовых цепочках, проблемы импортозамещения и импортозависимости в молочнопродуктовой цепочке России, а также законодательные и нормативно-правовые акты, регулирующие вопросы продовольственной безопасности. При проведении исследования были применены общенаучные методы: монографический – при изучении теоретических основ импортозамещающей стратегии молочнопродуктовой цепочки, статистический – в процессе исследования современного состояния молочнопродуктовой цепочки России, методы экономического анализа, расчетно-аналитический, графический – при выявлении тенденций и перспектив развития молочнопродуктовой цепочки.

Информационной базой исследования являются материалы научных и научно-практических конференций, данные периодической печати, информационные ресурсы Интернета и других открытых информационных источников, статистические данные Росстата.

Результаты и их обсуждение

Целевые установки Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия включают обеспечение продовольственной независимости России, ускоренное импортозамещение по основным продуктам питания и повышение конкурентоспособности российской сельскохозяйственной продукции на внутреннем и внешнем рынках [13].

Составной частью Государственной программы является подпрограмма «Развитие подотрасли животноводства, переработки и реализации продукции животноводства» (далее – Подпрограмма), которая предусматривает формирование благоприятных условий для существенного увеличения объемов производства продукции животноводства преимущественно за счет интенсивных факторов роста, внедрения инноваций на всех стадиях технологического процесса, включая многоканальную реализацию готовой продукции. Это позволило улучшить структуру ресурсов молока и молочной продукции. Доля импорта в ресурсах снизилась с 19,5% в 2010 г. до 16,7% в 2021 г. (рис. 1). Однако критерии продовольственной независимости по молоку и молочной продукции, декларируемые в Доктрине продовольственной безопасности РФ, не были достигнуты.

Развитие молочного скотоводства в Государственной программе отнесено к одной из приоритетных задач как системообразующего звена молочнопродуктовой цепочки. В результате реализации Подпрограммы развития животноводства были созданы условия для повышения инвестиционной привлекательности молочного скотоводства, воспроизводства стада, роста уровня товарности молока во всех формах хозяйствования. В 2022 г. валовое производство молока в хозяйствах всех категорий составило 32977,8 тыс. т, что на 5% выше аналогичного показателя 2010 г. Выявлена нестабильность в производстве молока и молочной продукции, что не позволяет обеспечить продовольственную независимость страны. С 2010 по 2019 г. наблюдалось падение производства молока и рост импорта. С 2019 г. производство молока незначительно растет по всем категориям хозяйств. В последние годы отмечается интенсивное развитие молочного скотоводства. В 2022 г. надой молока на одну корову составил 5194 кг, что

на 38% выше, чем в 2010 г. Тем не менее рост продуктивности коров не компенсировал сокращение поголовья молочного стада. В 2022 г. по отношению к 2010 г. поголовье коров сократилось на 978,5 тыс. гол., или на 11,3%, в хозяйствах всех категорий.

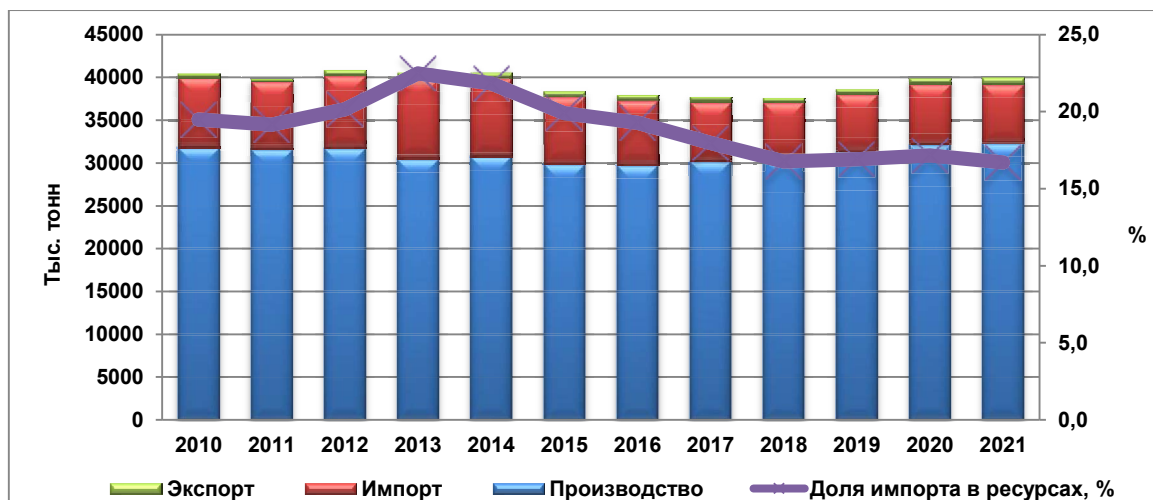


Рис. 1. Изменение объемов и структуры ресурсов молока и молочной продукции в России с 2010 по 2021 г., тыс. т

Источник: составлено авторами по данным [14, 15].

Анализ структуры производства молока позволил выявить этап снижения и этап роста концентрации производства в молочном скотоводстве (рис. 2).

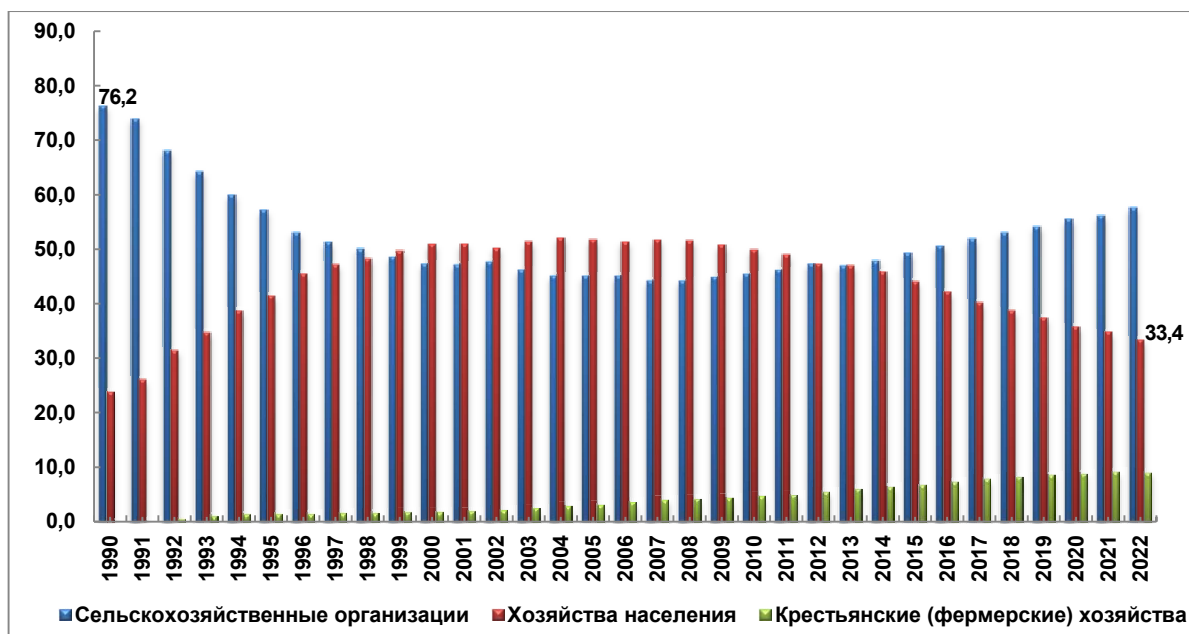


Рис. 2. Тенденции изменения структуры производства молока по категориям хозяйств с 1990 по 2022 г., %

Источник: составлено авторами по данным [14, 15].

Как следует из данных, приведенных на рисунке 2, удельный вес хозяйств населения в общем объеме производства молока вырос с 24,0% в 1990 г. до 50,0% в 2010 г., за тот же период произошло снижение доли сельскохозяйственных предприятий с 76,2 до 45,0%. С 2010 г. в отрасли молочного скотоводства наблюдается устойчивая тенденция увеличения производства молока в крупных специализированных организациях. Влияние ведущих производителей на рынок молочной продукции продолжает расти. Валовое производство молока в 2022 г. составило 32977,8 тыс. т, что в 1,7 раза меньше,

чем в 1990 г. Совокупный валовой надой молока тридцати ведущих компаний молочного животноводства в 2022 г. превысил 4 млн т, а их доля в общем производстве товарного молока составила 17%. В 2022 г. доля сельскохозяйственных организаций в производстве молока выросла до 58,0% и составила 19009,7 тыс. т, в то время как доля хозяйств населения сократилась до 33,0%.

С 1990 г. доля крестьянских (фермерских) хозяйств в производстве молока не превышала 9%. Основные проблемы развития молочного скотоводства в малых формах хозяйствования связаны с ограничением их доступа к инвестициям, что отражается на ресурсных возможностях расширения производственных мощностей. Как следствие, они не могут применять дорогостоящие инновационные технологии и использовать современные знания. В то же время крупные производители молока за последние пять лет привлекли в отрасль более 550 млрд руб. инвестиций, а товарное производство ежегодно росло более чем на 3%.

При выраженной тенденции роста концентрации производства молока в крупных хозяйствах рынок молочной продукции остается низкоконцентрированным [5]. Сохраняется высокая доля малых форм хозяйствования в структуре производства молока, имеющих недостаточные резервы для интенсификации молочного скотоводства и низкий уровень товарности сырого молока. Инвестиции крупных производителей в переработку молока ведут к усилению конкуренции за товарное сырье. Это позволило крестьянско-фермерским хозяйствам (КФХ) нарастить долю производства молока.

С 1990 по 2022 г. Росстат фиксирует устойчиво негативную тенденцию падения численности поголовья коров в хозяйствах всех категорий. В 2022 г. общее поголовье коров в хозяйствах всех категорий снизилось по сравнению с 1990 г. в 2,7 раза. Структурные изменения поголовья молочных коров представлены на рисунке 3.

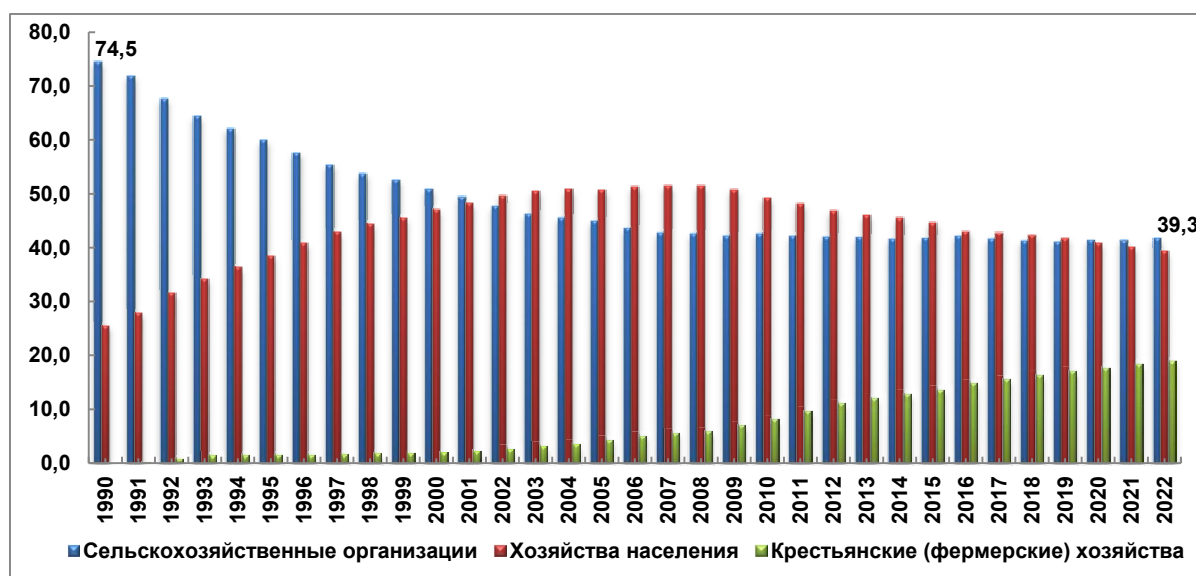


Рис. 3. Тенденции изменения структуры численности поголовья молочных коров по категориям хозяйств с 1990 по 2022 г., %

Источник: составлено авторами по данным [14, 15].

Если в 1990 г. удельный вес сельскохозяйственных организаций в общей численности поголовья коров составлял 74,5%, то к 2010 г. их доля снизилась до 42,6%, а в 2022 г. – до 41,7%. В структуре поголовья коров с 1990 по 2010 г. выявлена устойчивая тенденция роста малых форм хозяйствования. Доля хозяйств населения за этот период увеличилась с 25,5 до 49,2%, крестьянских (фермерских) хозяйств – с 0 до 8,1%. В 2022 г. доля хозяйств населения в структуре поголовья коров составляла 39,3%, крестьянско-фермерских хозяйств – 18,9%.

На фоне сокращения поголовья молочного стада актуальной задачей развития отрасли в условиях санкционных ограничений становится достижение технологического суверенитета, качественное улучшение стада на основе использования племенного скота отечественной селекции. Введение государством антисанкционных мер позволило в последние годы снизить импортозависимость племенного молочного скотоводства и нарастить внутренние племенные ресурсы ведущих пород молочного скота. В соответствии с целевыми индикаторами федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2030 гг. доля производства отечественного племенного крупного рогатого скота молочных пород в общем объеме приобретенного на территории Российской Федерации поголовья крупного рогатого скота молочных пород к 2031 г. должна составить 72,1% [12]. Для стимулирования данного сектора экономики Министерством сельского хозяйства РФ ежегодно реализуются меры государственной поддержки, которые включают льготное кредитование, компенсирующие и стимулирующие субсидии на реализованное молоко, субсидии на корма для молочного крупного рогатого скота, поддержку племенного животноводства (субсидии на племенное маточное поголовье, субсидии на приобретение племенного молодняка КРС в племенных организациях РФ), а также с 2023 г. – возмещение части прямых понесенных затрат в связи с внедрением обязательной маркировки [12]. При этом особое внимание уделяется поддержке эффективных проектов с высокой продуктивностью молочного стада.

За исследуемый период средняя продуктивность коров в России выросла с 3776 до 5194 кг/год (рис. 4).

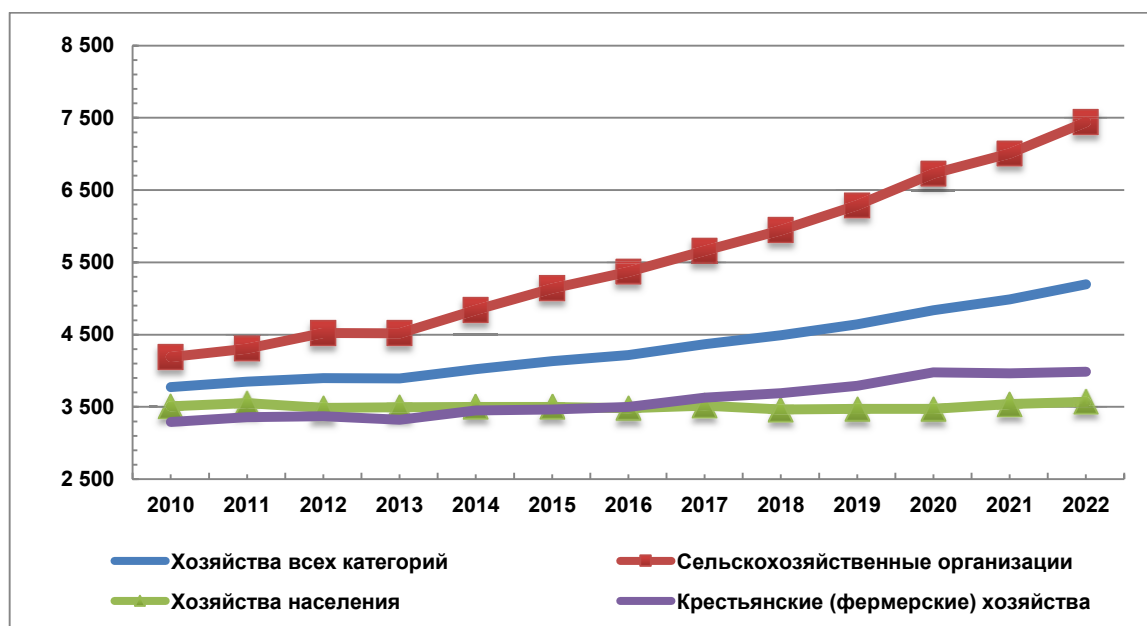


Рис. 4. Динамика молочной продуктивности на одну корову по категориям хозяйств в России, кг/год

Источник: составлено авторами по данным [14, 15].

Основное влияние на положительную динамику надоев молока оказал рост продуктивности в сельскохозяйственных организациях. В 2022 г. надой на одну корову в сельскохозяйственных организациях составлял 7440 кг/год, что на 77,6% выше, чем в 2010 г. Продуктивность коров в крестьянско-фермерских хозяйствах выросла на 21,2%. Надой на одну корову в хозяйствах населения за тот же период практически не изменился и составил 3572 кг/год. Разнонаправленные тенденции в изменении продуктивности молочного животноводства России характеризуют усиление дифференциации в его развитии по хозяйствам различных организационно-правовых форм хозяйствования.

Критическими направлениями импортозамещения в молочном животноводстве страны являются кормовые добавки и ветеринарные препараты, которые оказывают существенное влияние на экономическую эффективность отрасли. Доля компаний из «недружественных» стран в импорте кормовых витаминов составляет около 55%, кормовых ферментов – около 90%, кормовых микробиологических эубиотиков и биоконсервантов кормов для КРС – 100%, различных видов ветеринарных препаратов – 60–80%. В краткосрочном периоде по некоторым товарным группам возможна переориентация на продукцию независимых поставщиков. Однако в качестве мер преодоления импортозависимости эксперты предлагают развитие производственных мощностей, разработку новых отечественных технологий и продуктов на основе целевых инвестиционных проектов, субсидирование затрат на разработку и трансфер высоких технологий и инновационных продуктов.

С 2018 г. восстанавливаются темпы развития сырьевого сектора молочной отрасли. Увеличивается доля товарного молока, которое формирует ресурсную базу для молокоемких категорий продукции. Модернизация и интенсификация производства сдерживается сложным финансово-экономическим положением большинства сельских товаропроизводителей. Повышение затрат на корма, ремонт и обслуживание импортного оборудования на фоне удорожания и ограниченности кредитных ресурсов приводят к необходимости поиска внутренних источников снижения себестоимости производства молока.

Сохраняется высокая доля импорта по отдельным молочным продуктам глубокой переработки (табл. 1). Это касается сыров, творога, сливочного масла, кисломолочных продуктов. До 2022 г. отмечается положительная динамика импорта практически по всем категориям молочных продуктов. С 2022 г. наблюдается резкое падение импорта молочных продуктов, что связано с разрывом логистических цепочек, валютными ограничениями в результате осложнения внешнеполитической ситуации. Благодаря эффективной системе мер государственной поддержки в настоящее время удалось стабилизировать российский рынок молочной продукции, восстановить нормативные запасы молочной продукции на складах молокоперерабатывающих предприятий.

Таблица 1. Динамика российского импорта молочной продукции (в натуральных показателях), % к предыдущему году

Товарная группа	Год						
	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022
Молоко и сливки, несгущенные	100	887,3	112,4	97,4	81,0	105,3	5,1
Доля в структуре импорта молочной продукции, %	5,1	22,3	25,8	23,4	27,4	25,1	13,9
Молоко и сливки, сгущенные	100	530,8	88,1	117,1	69,7	82,5	4,6
Доля в структуре импорта молочной продукции, %	14,5	15,8	16,7	23,0	17,5	13,9	7,8
Пахта, свернувшиеся молоко и сливки, йогурт, кефир и прочие ферментированные или сквашенные	100	201,1	96,6	118,3	91,8	112,2	5,0
Доля в структуре импорта молочной продукции, %	3,0	4,4	6,7	8,7	12,3	13,2	7,8
Молочная сыворотка, сгущенная или несгущенная	100	260,3	88,3	116,8	52,2	87,9	1,9
Доля в структуре импорта молочной продукции, %	9,0	7,6	10,8	13,2	5,5	5,5	1,4
Сливочное масло и прочие жиры и масла, молочные пасты	100	153,3	104,2	109,9	90,3	112,3	23,5
Доля в структуре импорта молочной продукции, %	14,4	11,4	12,9	10,2	9,4	12,7	37,5
Сыры и творог	100	137,4	72,1	110,6	119,7	114,0	7,8
Доля в структуре импорта молочной продукции, %	54,0	38,6	27,1	21,6	28,0	29,6	31,8

Источник: составлено авторами по данным [18].

Молочная промышленность характеризуется высокой импортозависимостью. В 2020 г. доля импортного оборудования в молочной промышленности составляла до 70%. По мнению специалистов, зарубежное оборудование является более технологически сложным и высокопроизводительным по сравнению с российским. В сегменте оборудования для молочной промышленности средняя доля импорта составляет 89% [22]. Реализуемая с 2014 г. стратегия импортозамещения была ориентирована в основном на конечную продукцию, в то время как закупки за рубежом технологий и оборудования для молочной промышленности активно продолжались. С 2012 г. наблюдается высокое колебание импорта установок для молочной промышленности и доильных аппаратов (табл. 2).

Таблица 2. Техничко-технологическая зависимость в отраслевом разрезе (в натуральном выражении), % к предыдущему году

Код	Наименование продукции	Год					
		2012	2014	2016	2018	2020	2022
8430	Установки и аппараты доильные – всего:						
	- в натуральных показателях	160,0	60,2	125,8	75,1	158,8	90,1
	- в стоимостных показателях	115,3	55,3	103,6	101,7	135,1	82,9
	В том числе:						
843420	Оборудование для обработки и переработки молока:						
	- в натуральных показателях	126,6	67,6	88,7	140,3	100,9	57,7
	- в стоимостных показателях	116,9	42,4	98,4	90,4	156,3	87,7
843410	Установки и аппараты доильные:						
	- в натуральных показателях	187,6	101,9	136,7	64,0	113,8	32,0
	- в стоимостных показателях	111,3	69,7	101,7	148,7	98,2	61,8
843490	Запасные части для установок и аппаратов доильных, оборудования для обработки и переработки молока:						
	- в натуральных показателях	8,9	15,9	19,7	9,0	8,6	7,2
	- в стоимостных показателях	149,7	90,1	150,2	71,1	120,4	134,4

Источник: составлено авторами по данным [18].

В 2022 г. по сравнению с 2012 г. закупки техники и оборудования для производства молока и молочной продукции выросли в натуральных показателях на 30,2%, в стоимостных показателях снизились на 24,8%. Резкое падение импорта техники и оборудования для молочной отрасли связано с уходом из России ряда западных производителей, что критически отражается на молочной промышленности, где износ оборудования превышает 70%.

В настоящее время происходит адаптация предприятий молочной промышленности к санкционным ограничениям. Были налажены закупки оборудования с помощью параллельного импорта, импорта аналогов из дружественных стран. Объем российского импорта оборудования для молочной промышленности в 2023 г. в денежном выражении составил около 8,7 млрд руб., тогда как в 2022 г. – 3,8 млрд руб.

В 2023 г. объем производства оборудования для обработки и переработки молока в России, по данным Минпромторга, вырос до 3,1 млрд руб., или на 7,7%. Эксперты прогнозировали рост показателя к 2025 г. примерно до 3,4 млрд руб. [16].

В настоящее время вводится комплекс мер по расширению переработки молока, который включает возмещение 70% прямых затрат на покупку маркированного оборудования, программу стимулирования спроса на отечественное пищевое оборудование – субсидирование закупок отечественных препаратов, техники и технологии сельскими производителями, льготный лизинг спецтехники.

Выводы

Нарастание геополитической напряженности в мире, усиление элементов протекционизма в мировой торговле продовольствием, введение экономических и технологических санкций против России ставят новые задачи импортозамещения в агропродовольственном комплексе страны. В сложившихся условиях обеспечение продовольственной безопасности населения страны становится важнейшим вектором дальнейшего развития агропродовольственного комплекса. Разработка и реализация стратегии импортозамещения в молочнопродуктовой цепочке России требует комплексного подхода, что связано с усложнением производственной структуры и межотраслевых связей при производстве конечной продукции агропродовольственного комплекса и его отдельных продуктовых цепочек. Развитие молочнопродуктовой цепочки должно быть направлено на функционально-отраслевую сбалансированность всех стадий производства конечной продукции, совершенствование межотраслевых взаимодействий, реализацию синергического эффекта от интеграционных процессов.

В результате исследования выявлено, что уровень самообеспечения страны молоком и молокопродуктами (не менее 90%), предусматриваемый Доктриной продовольственной безопасности РФ (редакция 21.01.2020), не был достигнут, что обусловлено рядом факторов, основными из которых являются следующие.

В настоящее время наблюдается увеличение объемов производства сырого молока и уровня его товарности, что позволило расширить сырьевую базу предприятий молочной промышленности. Рост производства молока происходит за счет интенсивных факторов, в том числе повышения надоев от одной коровы. Рост продуктивности наблюдается в сельскохозяйственных предприятиях, в то время как в хозяйствах населения надой на одну корову с 2010 г. практически не изменились.

Положительная динамика молочной продуктивности не компенсирует сокращение дойного стада. Ослабление курса рубля, рост цен на корма, технику и технологии обусловили рост себестоимости продукции и снижение покупательной способности населения. Это способствовало сокращению поголовья коров в хозяйствах населения, доля которых в производстве сырого молока была существенной. Оптимизация структуры производства молока, рост концентрации за счет увеличения доли сельскохозяйственных организаций позволит повысить качество молочной продукции, увеличить экономическую эффективность молочного производства.

Медленно происходят процессы импортозамещения в молочной промышленности. Сохраняется высокая доля импорта молочных продуктов глубокой переработки в ресурсах молокопродуктов. Импорт сыра и творога в 2021 г. по сравнению с 2010 г. вырос на 49,5%, сливочного масла – на 78%, кисломолочной продукции – в 2,4 раза. При значительном падении импорта молока и молочной продукции в 2022–2023 гг. доля молочной продукции глубокой переработки остается высокой. Отмечается изменение структуры импорта молочной продукции – значительное снижение импорта из недружественных стран и существенный рост ввоза молочной продукции из Беларуси.

Исследования показали, что проблемным направлением развития молочнопродуктовой цепочки является техническая и технологическая импортозависимость как сырьевых, так и перерабатывающих предприятий цепочки. Сохраняется критическая зависимость в промежуточной продукции, используемой для производства молока и молочной продукции (генетический материал, кормовые добавки, ветеринарные препараты, сельскохозяйственная техника и перерабатывающее оборудование). Импортозависимость по интеллектуальным системам для молочнопродуктовой цепочки составляет 100%.

В сложившихся условиях корректировка и реализация импортозамещающей стратегии в молочнопродуктовой цепочке России является необходимостью. Импортозамещающая стратегия предполагает определение долгосрочных целей и задач, а также ресурсов для достижения поставленных целей. Суть стратегии заключается в формировании конкурентных преимуществ национальных производителей для обеспечения внутреннего рынка качественной молочной продукции по рациональным нормам потребления и развития экспортного потенциала страны. В условиях санкционных ограничений приоритетным является преодоление сложностей с поставками промежуточной продукции, внедрением инновационных технологий и инвестиционных проектов. Это предполагает включение в молочнопродуктовую цепочку инновационных и инвестиционных компонентов.

Импортозамещение в молочнопродуктовой цепочке требует значительных инвестиций и государственной поддержки критических звеньев. В настоящее время в условиях риска бюджетного дефицита необходимо внедрение целевой поддержки. Министерством сельского хозяйства России вводятся механизмы государственной поддержки производителей молока. Например, с 1 января 2024 г. затраты на транспортировку молочной продукции будут компенсироваться на 100%, вместо прежних 25%, при условии софинансирования региона продлено действие программы возмещения капитальных затрат (компенсируется 30% расходов) и до 50% затрат на покупку оборудования и техники для ферм с поголовьем 200–400 гол., если количество скота будет увеличено до 1 тыс. гол. и более. Существенную роль в развитии молочнопродуктовой цепочки играют меры поддержки потребительского спроса. При риске бюджетного дефицита перспективным направлением является селективная поддержка критических звеньев или точек роста молочнопродуктовой цепочки страны, приоритетных в контексте обеспечения продовольственной безопасности и роста конкурентоспособности национальных производителей.

Список источников

1. Бодрунов С.Д. Теория и практика импортозамещения: уроки и проблемы: монография. Санкт-Петербург: ИНИР им. С.Ю. Витте, 2015. 171 с.
2. Горшкова Н.В., Шкарупа Е.А., Елтонцев А.В. Импортозамещение в АПК: механизм реализации и перспективы развития // Вестник Волгоградского государственного университета. Экономика. 2021. Т. 23, № 3. С. 63–73. DOI: 10.15688/ek.jvolsu.2021.3.6.
3. Гулин К.А., Мазилев Е.А., Ермолов А.П. Импортозамещение как инструмент активизации социально-экономического развития территорий // Проблемы развития территорий. 2015. № 3(77). С. 7–25.
4. Ельшин Л.А., Мингазова Ю.Г., Савушкин М.В. и др. Селективные подходы к определению механизмов реализации политики импортозамещения на региональном уровне // Теоретическая и прикладная экономика. 2023. № 4. С. 105–123. DOI: 10.25136/2409-8647.2023.4.68748.
5. Иваненко И.С. Трансформация бизнес-моделей российских компаний агропродовольственного сектора // Островские чтения. 2023. № 1. С. 47–51.
6. Иванова Л.В., Самойлов А.В. Проблемы импортозамещения в нефтеперерабатывающей промышленности России в условиях санкционного давления // Актуальные проблемы экономики и управления. 2023. № 1(37). С. 11–16.

7. Кирбитова С.В., Никитина К.К. Политика импортозамещения в теории и практике // Таможенная политика России на Дальнем Востоке. 2018. № 4(85). С. 21–31. DOI: 10.17238/ISSN1815-0683.2018.4.21.
8. Кривенко Н.В., Епанешникова Д.С. Импортозамещение как инструмент стабилизации социально-экономического развития регионов // Экономика региона. 2020. Т. 16, № 3. С. 765–778. DOI: 10.17059/ekon.reg.2020–3-7.
9. Кублин И.М., Коновалов А.С. К вопросу об импортозамещении в российском агропромышленном комплексе // Экономика устойчивого развития. 2020. № 2. С. 116–121.
10. Кузьминов Я.И., Симачев Ю.В., Кузык М.Г. и др. Импортозамещение в российской экономике: вчера и завтра. Аналитический доклад НИУ ВШЭ. Москва: Изд. дом Высшей школы экономики, 2023. 272 с.
11. Макаров А.Н. Импортозамещение как инструмент индустриализации экономики региона: инновационный аспект (на примере Нижегородской области) // Российский внешнеэкономический вестник. 2015. № 5. С. 36–40.
12. О внесении изменений в Федеральную научно-техническую программу развития сельского хозяйства на 2017–2030 годы: Постановление Правительства РФ от 30 сентября 2023 г. № 1614 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/407687870/> (дата обращения: 14.05.2024).
13. О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия: Постановление Правительства РФ 14 июля 2012 г. № 717 [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/70210644/> (дата обращения: 15.04.2024).
14. Развитие молочной индустрии России: итоги 2022 года и прогноз на 2023 год [Электронный ресурс] // Национальный союз производителей молока. URL: <https://veterinary.lenobl.ru/media/news/docs/55995> (дата обращения: 15.04.2024).
15. Российский статистический ежегодник. 2023. Стат. сб. Москва: Росстат, 2023. 701 с.
16. Рынок оборудования для молочной промышленности [Электронный ресурс] // Информационно-аналитическое агентство *Milknews*. URL: <https://milknews.ru/longridy/Rynok-oborudovaniya-dlja-molochnoj-promyshlennosti.html> (дата обращения: 01.07.2024).
17. Суханова И.Ф., Лявина М.Ю. Импортозамещение как фактор роста региональной экономики // Вестник Волгоградского государственного университета. Сер. 3. Экон. Экол. 2014. № 5(28). С. 26–36. DOI: 10.15688/jvolsu3.2014.5.3.
18. Торговая статистика для развития международного бизнеса. Ежемесячные, ежеквартальные и ежегодные данные о торговле. Стоимость и объемы импорта и экспорта, темпы роста, доли рынка и т.д. [Электронный ресурс] // Международный торговый центр (International Trade Centre, ITC). URL: <https://www.trademap.org/Index.aspx> (дата обращения: 15.05.2024).
19. Тюкавкин Н.М., Анисимова В.Ю. Процессы импортозамещения в промышленности России: теоретические и практические аспекты // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2023. Т. 14, № 1. С. 43–57. DOI: 10.18184/2079-4665.2023.14.1.43-57.
20. Фальцман В.К. Форсирование импортозамещения в новой геополитической обстановке // Проблемы прогнозирования. 2015. № 1. С. 22–32.
21. Щербина Т.А. Политика импортозамещения: финансово-экономические и управленческие аспекты реализации // Экономика. Налоги. Право. 2016. № 1. С. 52–58.
22. Яковенко Н.А., Иваненко И.С. Риски технико-технологической зависимости агропродовольственного комплекса России в условиях санкционных ограничений // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2023. № 3(74). С. 117–122.
23. Яркова Т.М. Состояние и проблемы развития молочного скотоводства в России // Продовольственная политика и безопасность. 2024. Т. 11, № 1. С. 119–134. DOI: 10.18334/ppib.11.1.120368.

References

1. Bodrunov S.D. Theory and practice of import substitution: lessons and problems: monograph. Saint Petersburg: Institute of New Industrial Development n. a. S.Y. Vitte Publishers; 2015. 171 p. (In Russ.).
2. Gorshkova N.V., Shkarupa E.A., Eltonceev A.V. Import substitution in the Agro-Industrial Complex: implementation mechanism and development prospects. *Journal of Volgograd State University. Economics*. 2021;23(3):63-73. DOI: 10.15688/ek.jvolsu.2021.3.6. (In Russ.).
3. Gulin K.A., Mazilov E.A., Ermolov A.P. Import substitution as a tool to enhance social-economic development of territories. *Problems of Territory's Development*. 2015;3(77):7-25. (In Russ.).
4. Elshin L.A., Mingazova Yu.G., Savushkin M.V. et al. Selective approaches to determining mechanisms for implementing import substitution policies at the regional level. *Theoretical and Applied Economics*. 2023;4:105-123. DOI: 10.25136/2409-8647.2023.4.68748. (In Russ.).
5. Ivanenko I.S. Transformation of business models of Russian companies in the agri-food sector. *Ostrovsky Readings*. 2023;1:47-51. (In Russ.).
6. Ivanova L.V., Samoilov A.V. Problems of import substitution in the Russian oil refining industry under conditions of sanctions pressure. *Actual problems of economics and management*. 2023;1(37):11-16. (In Russ.).
7. Kirbitova S.V., Nikitina K.K. Import substitution policy in theory and practice. *Customs policy of Russia in the Far East*. 2018;4(85):21-31. DOI: 10.17238/ISSN1815-0683.2018.4.21. (In Russ.).

8. Krivenko N.V., Epaneshnikova D.S. Import substitution as a stabilization tool for the socio-economic development of regions. *Economy of Region*. 2020;16(3):765-778. DOI: 10.17059/ekon.reg.2020-3-7. (In Russ.).
9. Kublin I.M., Kononov A.S. On the issue of import substitution in the Russian Agro-Industrial Complex. *Economics of Sustainable Development*. 2020;2:116-121. (In Russ.).
10. Kuzminov Ya.I., Simachev Yu.V., Kuzyk M.G. et al. Import substitution in the Russian economy: yesterday and tomorrow. Analytical report of the National Research University Higher School of Economics. Moscow: Publishing House of the Higher School of Economics; 2023. 272 p. (In Russ.).
11. Makarov A.N. Import substitution as a tool of industrialization of regional economy: innovative aspect (on an example of Nizhny Novgorod region). *Russian Foreign Economic Journal*. 2015;5:36-40. (In Russ.).
12. On amendments to the Federal Scientific and Technical Program for the Development of Agriculture for 2017-2030: Decree of the Government of the Russian Federation of September 30, 2023 No. 1614. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/407687870/>.
13. On the State Program for the Development of Agriculture and Regulation of Agricultural Products, Raw Materials and Food Markets: Decree of the Government of the Russian Federation No. 717 of July 14, 2012. URL: <https://base.garant.ru/70210644/>.
14. Development of the Russian dairy industry: results of 2022 and forecast for 2023. National Union of Milk Producers. URL: <https://veterinary.lenobl.ru/media/news/docs/55995>.
15. Russian Statistical Yearbook. 2023. Statistical digest. Moscow: Rosstat; 2023. 701 p.
16. The market of equipment for the dairy industry. *Milknews* Information and Analytical Agency. URL: <https://milknews.ru/longridy/Rynok-oborudovaniya-dlja-molochnoj-promyshlennosti.html>.
17. Sukhanova I.F., Lyavina M.Yu. Import substitution as a factor of regional economic growth. *Journal of Volgograd State University. Economics*. 2014;5(28):26-36. DOI: 10.15688/jvolsu3.2014.5.3. (In Russ.).
18. Trade statistics for international business development. Monthly, quarterly and yearly trade data. Import & export values, volumes, growth rates, market shares, etc. International Trade Centre (ITC). URL: <https://www.trademap.org/Index.aspx>.
19. Tyukavkin N.M., Anisimova V.Yu. Import substitution processes in Russian industry: theoretical and practical aspects. *MIR (Modernization. Innovation. Research)*. 2023;14(1):43-57. DOI: 10.18184/2079-4665.2023.14.1.43-57. (In Russ.).
20. Faltsman V.K. Forcing import substitution in the new geopolitical situation. *Problems of Forecasting*. 2015;1:22-32. (In Russ.).
21. Shcherbina T.A. Import substitution policy: financial, economic and managerial aspects of its implementation. *Economics, Taxes & Law*. 2016;1:52-58. (In Russ.).
22. Yakovenko N.A., Ivanenko I.S. Risks of technological dependence of Russian agro-food complex under the sanctions restrictions. *Bulletin of Michurinsky State Agrarian University*. 2023;3(74):117-122. (In Russ.).
23. Yarkova T.M. The state and problems of dairy cattle breeding in Russia. *Food Policy and Security*. 2024;11(1):119-134. DOI: 10.18334/ppib.11.1.120368. (In Russ.).

Информация об авторах

Н.А. Яковенко – доктор экономических наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории макроэкономического анализа и стратегии развития агропромышленного комплекса Института аграрных проблем – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Саратовский научный центр Российской академии наук», ORCID 0000-0002-7589-6302, Author ID 107134, yana0206@yandex.ru.

И.С. Иваненко – кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории макроэкономического анализа и стратегии развития агропромышленного комплекса Института аграрных проблем – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Саратовский научный центр Российской академии наук», ORCID 0000-0002-7877-6568, Author ID 329287, ivanenko.i.s@yandex.ru.

Information about the authors

N.A. Yakovenko, Doctor of Economic Sciences, Docent, Chief Research Scientist, Institute of Agrarian Problems – Subdivision of the Federal State Budgetary Research Institution Saratov Federal Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, ORCID 0000-0002-7589-6302, Author ID 107134, yana0206@yandex.ru.

I.S. Ivanenko, Candidate of Economic Sciences, Docent, Senior Research Scientist, Institute of Agrarian Problems – Subdivision of the Federal State Budgetary Research Institution Saratov Federal Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, ORCID 0000-0002-7877-6568, Author ID 329287, ivanenko.i.s@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 18.11.2024; одобрена после рецензирования 26.12.2024; принята к публикации 15.01.2025.

The article was submitted 18.11.2024; approved after reviewing 26.12.2024; accepted for publication 15.01.2025.

© Яковенко Н.А., Иваненко И.С., 2025

5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА
(ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 338.43

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2025_1_153

EDN: MCJSCE

Организационно-экономические аспекты развития садоводства

Екатерина Викторовна Иванова¹, Ольга Юрьевна Анциферова^{2✉},
Екатерина Анатольевна Мягкова³

^{1, 2, 3} Мичуринский государственный аграрный университет, Мичуринск, Россия

² anciferova-olga-70@mail.ru✉

Аннотация. В сложных экономических условиях, характеризующихся усилением влияния внешних вызовов на устойчивость экономической системы России, развитие агропромышленного комплекса, в частности плодово-ягодного подкомплекса, играет ключевую роль, так как решает важную задачу обеспечения населения на протяжении всего года отечественными плодами и ягодами, которые являются основными источниками витаминов и минералов. Систематизация специфических особенностей функционирования садоводства позволила определить факторы, оказывающие негативное влияние на динамику производства (недостаток финансовых ресурсов, сезонность, диспаритет цен, конкуренция и монополизм в сфере переработки). Исследования показали, что в России активно реализуется политика импортозамещения – увеличиваются объемы производства отдельных видов продукции на фоне общей тенденции сокращения площадей плодово-ягодных насаждений, в том числе и в плодоносящем возрасте. Выявлены изменения в структуре производителей плодов и ягод. Так, в объемах производства продукции садоводства сократился удельный вес хозяйств населения и возросла доля сельскохозяйственных организаций. Отмечено, что основным препятствием для дальнейшего развития отрасли остается дефицит качественного посадочного материала. Анализ уровня самообеспеченности показал, что производство плодов и ягод в стране находится ниже порогового уровня, установленного в Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации. Несмотря на то, что в отдельных регионах ЦФО самообеспеченность находится на высоком уровне, для повышения устойчивости развития плодово-ягодного подкомплекса АПК необходимы разработка и реализация комплексных программ, которые позволят улучшить финансирование отрасли, регулировать цены, создавать условия для здоровой конкуренции, способствуя увеличению производимой продукции высокого качества. Дальнейшее повышение эффективности садоводства предполагает совершенствование деятельности садоводческих организаций на основе реализации инновационных и инвестиционных проектов.

Ключевые слова: садоводство, производство плодов и ягод, уровень самообеспечения, инвестиции, инновации

Для цитирования: Иванова Е.В., Анциферова О.Ю., Мягкова Е.А. Организационно-экономические аспекты развития садоводства // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2025. Т. 18, № 1(84). С. 153–161. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_153–161.

5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS
(ECONOMIC SCIENCES)

Original article

Organizational and economic aspects of horticultural development

Ekaterina V. Ivanova¹, Olga Yu. Antsiferova^{2✉}, Ekaterina A. Myagkova³

^{1, 2, 3} Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia

² anciferova-olga-70@mail.ru✉

Abstract. In difficult economic conditions, characterized by an increasing impact of external challenges on the sustainability of the Russian economic system, the development of Agro-Industrial Complex, in particular fruit & berry subcomplex, plays a key role, as it solves the important task of providing the population throughout the year with domestic fruits and berries, which are the main sources of vitamins and minerals. Systematization of specific features of horticulture has made it possible to identify factors that have a negative impact on the dynamics of production, i.e. lack of financial resources, seasonality, price disparity, competition and monopolism in processing. Research has shown that Russia is actively implementing an import-substituting policy, the volume of production of certain types of products is increasing against the background of general trend of reducing the area of fruit and berry plantations, including in fruiting age. Changes in the structure of fruit & berry producers have been revealed. Thus, the share of households in the production of horticultural products has decreased and the share of agricultural organizations has increased. It was noted that the main obstacle to the further development of the industry remains the shortage of high-quality planting material. An analysis of the level of self-sufficiency showed that the production of fruits & berries in the country is below the threshold set in the Food Security Doctrine of the

Russian Federation. Despite the fact that self-sufficiency is at a high level in some regions of the Central Federal District, in order to increase the sustainability of the development of fruit & berry subcomplex of Agro-Industrial Complex, it is necessary to develop and implement comprehensive programs that will improve industry financing, regulate prices, and create conditions for healthy competition, contributing to an increase in high-quality products. Further improvement of horticultural efficiency involves improving the activities of horticultural organizations based on the implementation of innovative and investment projects.

Keywords: horticulture, production, self-sufficiency rate, investments, innovations

For citation: Ivanova E.V., Antsiferova O.Yu., Myagkova E.A. Organizational and economic aspects of horticultural development. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2025;18(1):153-161. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_153-161.

Как известно, экономические, политические, рыночные процессы прямо или опосредованно оказывают влияние на национальный агропромышленный комплекс, накладывая существенные ограничения на его функционирование и дальнейшее развитие его продуктовых подкомплексов, в том числе плодово-ягодного.

Плодово-ягодный подкомплекс – это структурное звено АПК, включающее в себя садоводство, промышленное производство, а также торговлю, охватывая полный цикл – от выращивания и сбора до переработки и реализации плодов и ягод.

Садоводство и промышленность по переработке плодов и ягод представляют собой социально значимые отрасли, однако их функционирование имеет ряд специфических особенностей:

- значительные затраты на уход за плодоносящими насаждениями, превышающие аналогичные затраты в других сельскохозяйственных сферах;
- необходимость применения специальных технологий хранения, чтобы замедлить процессы порчи продукции;
- высокие капиталовложения, результаты которых проявляются в долгосрочной перспективе;
- проблемы в оперативной адаптации масштабов и структуры производства в соответствии с динамикой рынка [3, 8].

Эти ключевые особенности существенно модифицируют динамику производства фруктов и ягод:

- из-за сезонного характера производства происходят сезонные колебания цен, напрямую связанные с географическим расположением рынков и текущим временем года;
- недостаток долгосрочного финансирования для производителей оборачивается снижением доли местной продукции и увеличением объемов импортных поставок;
- рост цен на средства защиты растений, удобрения и топливо увеличивает себестоимость продукции, что отражается на конечной цене для потребителя;
- конкуренция и монополизм в сфере переработки заставляют производителей продавать продукцию по ценам, часто ниже себестоимости, что негативно сказывается на рентабельности отрасли.

В современных условиях объем производства плодово-ягодной продукции выступает важным и ключевым показателем в достижении целевых ориентиров продовольственной безопасности регионов. Приоритетом государственной политики развитых стран является рациональное питание людей, с целью обеспечения их трудоспособности и долголетия. Важность обеспечения продовольственной безопасности значительно усилилась в связи с изменившимися в последние годы условиями социально-экономического развития России, появлением новых рисков и угроз, вызванных главным образом экономическими санкциями, введенными рядом западных стран в отношении России, а также стремлением к устойчивому и достаточному уровню самообеспечения [6].

В Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации (далее – Доктрина) критерий самообеспеченности определен как доля национального производства, способная полностью покрыть внутреннее потребление без существенной зависимости от импорта. При оценке уровня продовольственной безопасности страны, несмотря на разнообразие показателей, центральное место занимает определение порога

удельного веса собственной продукции в общем объеме потребления, установленного в Доктрине в качестве важнейшего индикатора [10].

Систематизация определения степени самодостаточности и обеспечения продовольственного благополучия включает четыре группы самообеспеченности:

- уровень ниже критического;
- критически низкий уровень;
- достаточный, но не избыточный;
- высокий уровень [1, 7].

Учитывая приведенные выше критерии, производство плодов и ягод в России находится в группе с уровнем обеспеченности ниже критического, т.е. отрасль зависит от импорта. При этом следует отметить, что и целевых индикаторов, указанных в Доктрине, за период 2019–2023 гг. садоводство не достигло (рис. 1).

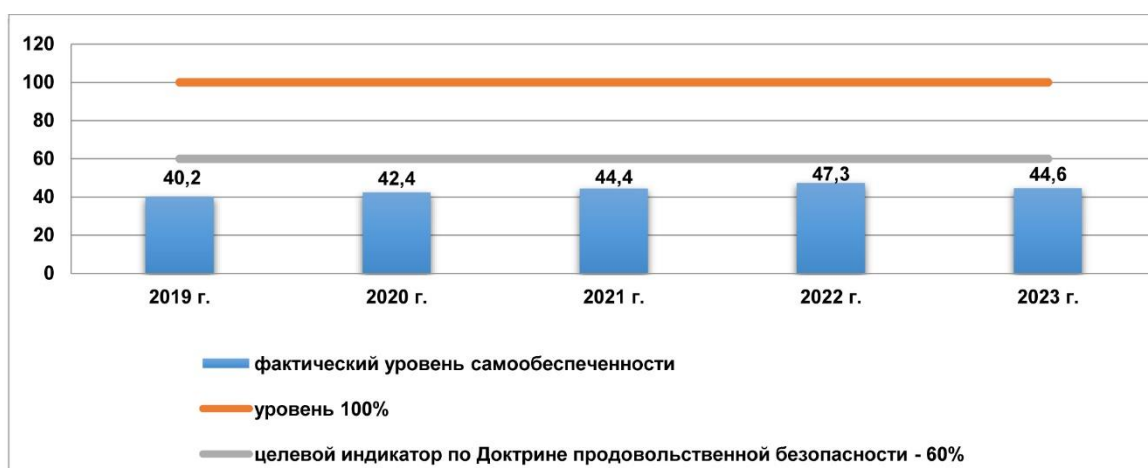


Рис. 1. Уровень самообеспечения фруктами и ягодами по Российской Федерации, %

Источник: составлено авторами по данным [12].

Таким образом, для устойчивого развития плодово-ягодного сектора необходимо решение проблем, связанных с финансированием, регулированием цен и созданием условий для конкуренции, способствующих повышению эффективности и доступности продукции для населения.

С 2014 г. в России наблюдается значительное усиление процесса импортозамещения в садоводстве, что стало одним из ключевых направлений в развитии отрасли [2, 5]. За короткий период, с 2020 по 2023 г., объемы производства плодов и ягод в стране выросли на 14,7% и достигли значительной отметки – 4200 тыс. т (рис. 2).

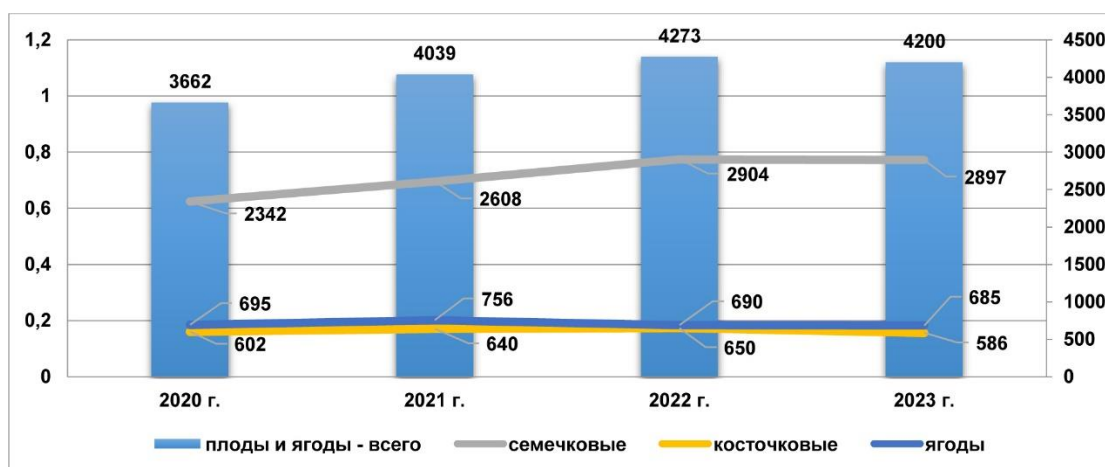


Рис. 2. Валовой сбор плодов и ягод в Российской Федерации, тыс. т

Источник: составлено авторами по данным [12].

За последние годы наблюдается положительная динамика в производстве плодово-ягодной продукции. Валовой сбор семечковых культур показал значительный рост в размере 23,7% с 2020 г. по 2023 г. За период 2020–2022 гг. можно наблюдать рост объемов производства косточковых и ягодных культур. В 2023 г. произошло небольшое снижение объемов производства этих культур. Так, производство косточковых уменьшилось на 2,7%, а ягод – на 1,4%.

Эти данные подтверждают динамичность и успешность проводимых мер в данной отрасли, демонстрируя тенденцию к увеличению внутреннего производства.

Среди ключевых изменений в структуре производства следует отметить сокращение в 2023 г. удельного веса хозяйств населения, производящих плоды и ягоды, на 9,6 п.п. по сравнению с 2020 г., а доля сельскохозяйственных организаций выросла до 38,3%, что на 11,2 п.п. больше показателя за 2020 г. (рис. 3). Эти данные свидетельствуют о перераспределении усилий в отрасли. Мы наблюдаем процесс активизации крупных агропромышленных предприятий и одновременно сокращение доли личных подсобных хозяйств населения, что приводит к определенным сдвигам, требующим дальнейшего анализа для оптимизации структуры производства.



Рис. 3. Структура производства плодов и ягод в Российской Федерации, %

Источник: составлено авторами по данным [12].

По данным Федеральной службы государственной статистики, в 2023 г. общая площадь плодовых и ягодных насаждений составила 430 тыс. га, что на 4,4% меньше показателя 2020 г. (449,6 тыс. га) [12]. В то же время площадь насаждений, достигших плодоносящего возраста, сократилась на 2,4% в стране в целом. Однако стоит отметить положительную динамику в сельскохозяйственных организациях: площадь плодоносящих насаждений выросла до 87,6 тыс. га (с 85,9 тыс. га) в 2023 г. по сравнению с 2020 г. (табл.).

Площади, занимаемые плодово-ягодными культурами в Российской Федерации, тыс. га

Год	Площади, занимаемые плодово-ягодными культурами				Площадь насаждений в плодоносящем возрасте	
	всего	в том числе			всего	в том числе в сельхоз-организациях
		семечковые	косточковые	ягоды		
2020	449,6	231,8	118,7	99,1	356,6	85,9
2021	449,5	229,7	119,4	100,4	357,7	85,4
2022	426,8	226,1	107,6	93,1	352,6	87,4
2023	430,0	222,2	110,8	97,0	348,2	87,6
2023 г. в % к 2020 г.	95,6	95,9	93,3	97,9	97,6	102,0

Источник: рассчитано авторами по данным [12].

В российском садоводстве в последние годы наблюдается тенденция увеличения собственного производства плодово-ягодной продукции: реализация масштабных инвестиционных проектов через сельскохозяйственные организации приводит к росту площадей насаждений, созданию новых рабочих мест и снижению внешней зависимости. Тем не менее удовлетворение внутреннего спроса остается проблемой. Статистика показала, что потребление свежих плодов и ягод в 2023 г. составило 63 кг на душу населения при рациональной норме 90–100 кг [5, 8].

В целом Россия пока не достигла показателя самообеспеченности по фруктам и ягодам, в настоящее время этот показатель находится на уровне 44,6% (пороговое значение Доктрины – 60%), то есть отрасль зависит от импорта. В состав Центрального федерального округа входит 17 областей, в каждой из которых в той или иной степени развито производство плодов и ягод. Среди них можно выделить Тамбовскую область, на территории которой располагается единственный в Российской Федерации наукоград аграрной направленности (г. Мичуринск), где ведутся разработки экологически безопасных технологий производства, хранения и переработки плодовоовощной продукции [6]. Однако в рейтинге российских производителей плодов и ягод Тамбовская область занимает всего лишь 23-е место, так как уровень самообеспечения по итогам 2023 г. составил 57,2%.

Особое место в экономике Центрального федерального округа занимает Липецкая область, которая демонстрирует высокие результаты в производстве плодово-ягодной продукции, занимая лидирующую позицию. В Липецкой области к 2023 г. уровень самообеспечения достиг рекордных показателей – более чем 119,2% (рис. 4), демонстрируя стабильный и устойчивый рост. Такой показатель соответствует высокому уровню продовольственного благополучия и свидетельствует об избыточном производстве плодово-ягодной продукции в регионе [8, 9, 13].

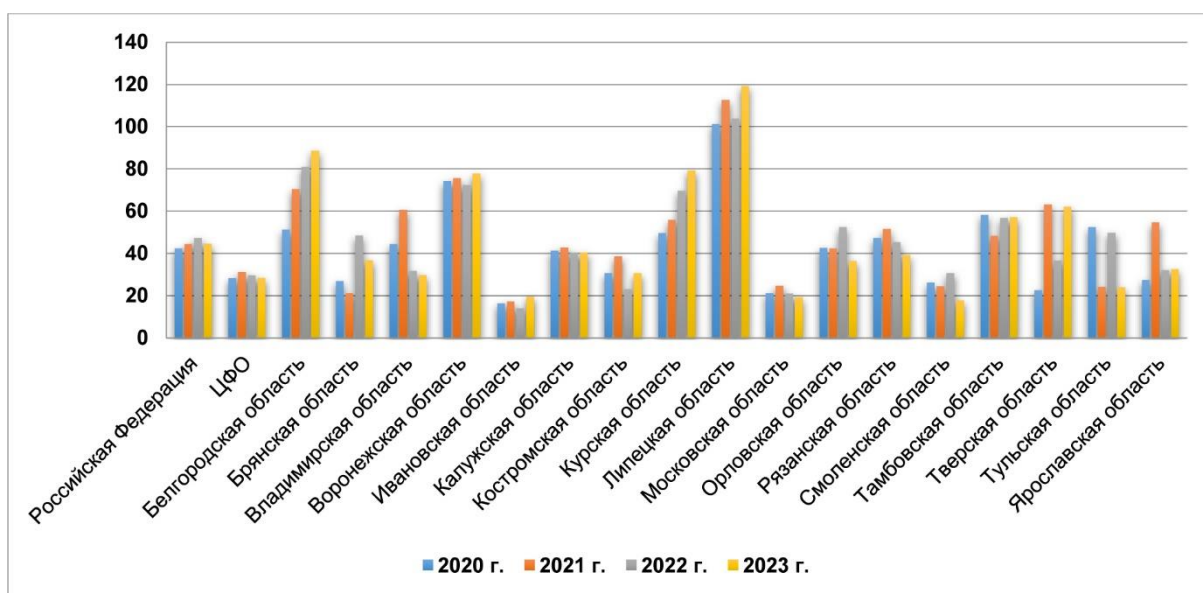


Рис. 4. Уровень самообеспечения фруктами и ягодами по субъектам ЦФО, %

Источник: составлено по данным [12].

В России ежегодно растет производство фруктов и ягод. Традиционно регионами-лидерами в этом сегменте являются Краснодарский и Ставропольский края, Кабардино-Балкарская Республика, Республика Крым, Воронежская, Белгородская, Волгоградская и Липецкая области.

В 2023 г. в организованном секторе производства Липецкой области было собрано 81,4 тыс. т плодово-ягодной продукции, что превысило рекорд 2021 г. (75,9 тыс. т). Большая часть урожая традиционно пришлась на яблоки: 13 специализированных садоводческих хозяйств региона собрали 80,4 тыс. т, что стало абсолютным рекордом, превзошедшим предыдущий максимум в 74,6 тыс. т. По итогам 2023 г. регион вошел в десятку лидеров по производству продукции садоводства в Российской Федерации, заняв 9-е место. В ближайшие годы садоводы рассчитывают получить не меньше 100 тыс. т за счет вступления в плодоношение новых насаждений [11].

В Липецкой области основными производителями плодов и ягод являются сельскохозяйственные организации. На их долю в общем объеме производства в 2023 г. приходилось 75,1%. Хозяйства населения производят 23,1%, крестьянские (фермерские) хозяйства и индивидуальные предприниматели – 1,8%.

Следует отметить, что в Липецкой области с 2020 г. изменилась структура производителей продукции садоводства. Так, в 2020 г. на долю сельскохозяйственных организаций приходилось 61,3% от общего объема производства, что на 13,8 п.п. ниже 2023 г. Удельный вес плодов и ягод, произведенных в крестьянских (фермерских) хозяйствах и индивидуальными предпринимателями, увеличился в 2023 г. в сравнении с 2020 г. на 1,6 п.п. [9].

Анализ динамики изменения площадей плодовых и ягодных насаждений в хозяйствах Липецкой области показал следующее: при сокращении на 8,6% площадей, занимаемых семечковыми культурами, площади посадок косточковых и ягодников увеличились – соответственно на 6,3 и 7,7%.

Основными предприятиями, занимающими лидирующие позиции в выращивании плодовых и ягодных культур в Липецкой области, являются ЗАО «Агрофирма им. 15 лет Октября» и ООО «Агроном-сад».

ЗАО «Агрофирма им. 15 лет Октября» существует с 1919 г., в настоящее время это хозяйство является одним из крупнейших не только в Липецкой области, но и в Центральном Черноземье. Имеет в своем активе более 20 тыс. га земли, из них 8 тыс. га занимают сельхозугодья, 4,5 тыс. га – пашня, 7,5 тыс. га – сады, ягодники, питомники и многолетние насаждения. Кроме яблок, агрофирма производит натуральные соки под брендом «Красивая мечта», джемы и яблочное пюре.

Специализация ООО «Агроном-сад» – производство и продажа товарных яблок. Общая площадь хозяйства составляет 5400 га, 2000 га занимают сады, в том числе на 1000 га размещены сады интенсивного типа. Передовые технологии выращивания яблонь в сочетании со строгим контролем качества позволяют обеспечивать потребителей вкусными, ароматными и полезными яблоками. На территории хозяйства они выращиваются уже более 90 лет. Сортовая матрица в данных предприятиях представлена большим разнообразием как традиционных сортов (Антоновка, Жигулёвское, Лобо и др.), так и клубных (Айдаред, Жеромин, Лигол, Хонейкрисп) и биосортов (Имрус, Либерти, Пепин).

Исследования показали, что в сложившейся ситуации основным направлением развития садоводства является его инновационное обновление. Для повышения эффективности производства плодов и ягод необходимо применение интенсивных технологий, предусматривающих создание высокопродуктивных садов на основе научных подходов к планированию ротации насаждений. Наиболее высоких показателей достигают садоводческие предприятия, развивающиеся по типу агропромышленных. В них урожайность плодовых культур на 30–40% выше, прибыль на 1 га садов в 1,5–2 раза больше, себестоимость единицы плодовой продукции на 15–20% ниже, чем в обычных сельскохозяйственных предприятиях.

В последние годы большое внимание уделяется инновационно ориентированному садоводству, основанному на уплотненном размещении плодовых деревьев с применением капельного орошения [14]. Ключевым аспектом интенсификации является закладка садов с плотностью не менее 800 деревьев на гектар, что существенно увеличивает урожайность на единицу площади.

Широкое распространение приобретают интенсивные сады, которые позволяют получать больше урожая с меньшей площади, быстрее выходить на прибыль и эффективно использовать ресурсы. В России, где климат и почвы варьируются от региона к региону, интенсивные сады становятся всё популярнее, особенно в южных и центральных областях.

Однако основной проблемой для успешного воспроизводства плодовых садов и ягодников считается недостаток качественного посадочного материала. Особенно критичной является ситуация с отсутствием саженцев сортов на слаборослых подвоях, включая новейшие сорта яблонь, груш и косточковых культур. Большинство товаров на рынке не соответствует требованиям современного интенсивного садоводства [4, 15]. В результате многие предприятия принимают решение о самостоятельном производстве посадочного материала высокого качества как для собственных нужд, так и для реализации на рынке.

Важным аспектом в современном садоводстве является внедрение систем эффективного применения удобрений и химических препаратов для ухода и защиты садов, обеспечивающих их стабильное развитие на протяжении всего периода вегетации [8]. Это требует комплексного подхода к управлению ресурсами, включая материальные, энергетические и финансовые. Внедрение цифровых технологий, таких как беспроводные датчики для мониторинга состояния растений, позволяет сократить применение пестицидов и оптимизировать процессы. Переход к таким инновациям осуществляется поэтапно, учитывая текущие возможности хозяйства [1, 9].

На территории Липецкой области для развития отрасли садоводства разрабатываются и реализуются масштабные инвестиционные проекты, в соответствии с которыми, наряду с закладкой интенсивных садов и ягодников, предусмотрены производство, переработка и хранение плодов и ягод, а также обеспечение рабочими местами трудоспособного населения. Например, в 2023 г. в ЗАО «Агрофирма имени 15 лет Октября» была установлена линия для сортировки и упаковки плодов [11] (объем инвестиций – 417 млн руб.). В ведущих садоводческих организациях Липецкой области (ЗАО «Агрофирма им. 15 лет Октября» и ООО «Агроном-сад») реализуются инвестиционные проекты по закладке интенсивных садов и строительство системы орошения на общую сумму 6450 млн руб. [11].

Таким образом, повышение эффективности садоводства предполагает совершенствование деятельности садоводческих организаций на основе реализации инновационных и инвестиционных программ. Тем не менее реализация этой задачи сталкивается с серьезными трудностями, среди которых можно выделить ограниченное финансирование новых разработок, нехватку опытных кадров, несовершенство организационной структуры отрасли, а также вопросы обеспечения высококачественным посадочным материалом. Только устранение обозначенных препятствий с помощью современных инновационных решений позволит существенно увеличить урожайность многолетних культур, ускорить создание новых садов, повысить стабильность плодоношения и улучшить потребительские свойства продукции.

Список источников

1. Анциферова О.Ю., Ващук И.И. Формирование устойчивого развития садоводства на современном этапе // Перспективы развития интенсивного садоводства: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной памяти ученого-садовода, доктора сельскохозяйственных наук, профессора, лауреата Государственной премии РФ, заслуженного деятеля науки РСФСР В.И. Будаговского (Мичуринск, 21–22 декабря 2016 г.). Мичуринск: Изд-во ООО «БИС», 2016. С. 122–126.
2. Ефремов И.А., Иванова Е.В. Тенденции развития отрасли садоводства в России // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2020. Т. 13, № 4(67). С. 276–286. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.4.276.
3. Келеметов Э.М., Свиридова Л.А., Прохорова Н.В. и др. Важнейшие в глобальном производстве свежие фрукты и ягоды // Актуальные вопросы экономики и агробизнеса: сборник трудов XV Международной научно-практической конференции (Брянск, 14–15 марта 2024 г.). Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2024. С. 376–381.
4. Кондратьева О.В., Слинько О.В., Войтюк В.А. Состояние и развитие современного садоводства // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: материалы XVI Международной научно-практической Интернет-конференции (п. Правдинский, Московская область, 06 июня 2024 г.). Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2024. С. 216–222.
5. Кузичева Н.Ю., Волкова А.А. Адаптационные изменения при возникновении стратегических разрывов в развитии садоводства // Современные проблемы аграрной экономики и пути их решения: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции (Чебоксары, 17 октября 2023 г.). Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет, 2023. С. 139–143.
6. Кузичева Н.Ю. Стратегии развития садоводства в Липецкой и Тамбовской областях: сходства и различия // Инновационная экономика и право. 2020. № 1(15). С. 110–111.
7. Кузичева Н.Ю. Стратегические ориентиры развития садоводства // Наука и Образование. 2022. Т. 5, № 2.
8. Леонова Н.В. Организационно-экономические аспекты развития российского садоводства // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2018. № 1(56). С. 213–220. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2018.1.213.
9. Мягкова Е.А., Юрчев К.А. Современное состояние садоводства // Аграрная экономика в современных условиях: проблемы и векторы развития: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции (Мичуринск, 26 ноября 2024 г.). Мичуринск – Научоград: ЗАО «Университетская книга», 2024. С. 381–385.
10. Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации от 21 января 2020 г. № 20 (с изменениями) [Электронный ресурс]. URL: <http://government.ru/docs/all/125815/> (дата обращения: 03.02.2025).
11. Основные итоги и показатели развития агропромышленного комплекса Липецкой области [Электронный ресурс] // Официальный сайт Правительства Липецкой области. Министерство сельского хозяйства Липецкой области. URL: <https://xn--80aасоonefzg3am8b1fsb.xn--p1ai/ekonomika/otrasli/agropromyshlennyj-kompleks> (дата обращения: 03.02.2025).
12. Официальная статистическая информация [Электронный ресурс] // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики (Росстат). URL: <http://www.gks.ru/> (дата обращения: 03.02.2025).
13. Терновых К.С., Леонова Н.В., Маркова А.Л. и др. Современные тенденции развития отечественного садоводства // Международный сельскохозяйственный журнал. 2024. № 5. С. 1561–1578. DOI: 10.55186/25880209_2024_8_5_18.
14. Терновых К.С., Леонова Н.В. Развитие садоводства на основе инновационных преобразований // Теория и практика инновационных технологий в АПК: материалы национальной научно-практической конференции (Воронеж, 18–29 марта 2021 г.). Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. Ч. III. С. 265–271.
15. Терновых К.С., Маркова А.Л., Леонова Н.В. Инвестиционная привлекательность плодового подкомплекса // Современные проблемы АПК и их решение: материалы V национальной конференции (Майский, 14 октября 2022 г.). Майский: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2022. Т. 1. С. 81–86.

References

1. Antsiferova O.Yu., Vashchuk I.I. Formation of sustainable development of horticulture at the present stage. In: Prospects for the development of intensive horticulture: Priceedings of the All-Russian Research-to-Practice Conference dedicated to the memory of horticulturist, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Laureate of the State Prize of the Russian Federation, Honored Scientist of the RussianSFSR V.I. Budagovsky (Michurinsk, December 21-22, 2016). Michurinsk: ООО "BIS" Publishers; 2016:122-126. (In Russ.).
2. Efremov I.A., Ivanova E.V. Development trends in horticultural industry in Russia. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2020;4(67):276-286. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.4.276. (In Russ.).

3. Kelemetov E.M., Sviridova L.A., Prokhorova N.V. et al. The most important fresh fruits and berries in global production. In: Topical issues of economics and agribusiness: Proceedings of the XV International Research-to-Practice Conference (Bryansk, March 14-15, 2024). Bryansk: Bryansk State Agrarian University Publishers; 2024:376-381. (In Russ.).
4. Kondratieva O.V., Slinko O.V., Voityuk V.A. State and development of modern horticulture. In: Scientific and information support for the innovative development of the Agro-Industrial Complex: Proceedings of the XVI International Research-to-Practice Internet Conference (Pravdinsky, Moscow region, June 06, 2024). Moscow: Russian Research Institute of Information and Technical & Economic Research on Engineering and Technical Support of Agro-Industrial Complex Publishers; 2024:216-222. (In Russ.).
5. Kuzicheva N.Yu., Volkova A.A. Adaptive changes in the event of strategic gaps in the development of horticulture. In: Modern problems of the agrarian economy and ways to solve them: Proceedings of the All-Russian (National) Research-to-Practice Conference (Cheboksary, October 17, 2023). Cheboksary: Chuvash State Agrarian University Publishers; 2023:139-143. (In Russ.).
6. Kuzicheva N.Y. Strategies for the development of horticulture in Lipetsk and Tambov regions: similarities and differences. *Innovative Economics and Law*. 2020;1(15):110-111. (In Russ.).
7. Kuzicheva N.Y. Strategic guidelines for the development of horticulture. *Science and Education*. 2022;5(2). (In Russ.).
8. Leonova N.V. Organizational and economic issues of the Russian horticultural industry development. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2018;1(56):213-220. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2018.1.213. (In Russ.).
9. Myagkova E.A., Yurchev K.A. The current state of horticulture. In: Agrarian economics in modern conditions: problems and vectors of development: Proceedings of the All-Russian (National) Research-to-Practice Conference (Michurinsk, November 26, 2024). Michurinsk - Naukograd: CJSC Universitetskaya Kniga Publishers; 2024:381-385. (In Russ.).
10. On the approval of the Food Security Doctrine of the Russian Federation: Decree of the President of the Russian Federation of January 21, 2020 No. 20 (with amendments). URL: <http://government.ru/docs/all/125815/>. (In Russ.).
11. Main results and indicators of the development of Agro-Industrial Complex of Lipetsk Oblast. Official website of Lipetsk Oblast Government. Ministry of Agriculture of Lipetsk Oblast. URL: <https://xn--80aacoonefzg-3am8b1fsb.xn--p1ai/ekonomika/otrasli/agropromyshlennyj-kompleks>. (In Russ.).
12. Official Statistic Information. Official website of the Federal State Statistics Service (Rosstat). URL: <http://www.gks.ru/>. (In Russ.).
13. Ternovikh K.S., Leonova N.V., Markova A.L. et al. Modern trends in the development of domestic horticulture. *International Agricultural Journal*. 2024;5:1561-1578. DOI: 10.55186/25880209_2024_8_5_18. (In Russ.).
14. Ternovikh K.S., Leonova N.V. Horticultural development based on innovative transformations. In: Theory and Practice of innovative technologies in agriculture: Proceedings of the National Research-to-Practice Conference (Voronezh, March 18-29, 2021). Voronezh: Voronezh State Agrarian University Publishers. 2021;3:265-271. (In Russ.).
15. Ternovikh K.S., Markova A.L., Leonova N.V. Investment attractiveness of the fruit and berry subcomplex. In: Modern problems of agriculture and their solution: Proceedings of the V National Conference (Maysky, October 14, 2022). Maysky: Belgorod State Agrarian University Publishers. 2022;1:81-86. (In Russ.).

Информация об авторах

Е.В. Иванова – доктор экономических наук, доцент, исполняющий обязанности ректора ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», Ivanova@mgau.ru.

О.Ю. Анциферова – доктор экономических наук, профессор, директор института экономики и управления ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», anciferova-olga-70@mail.ru.

Е.А. Мягкова – кандидат экономических наук, профессор кафедры управления и делового администрирования ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», eam24@rambler.ru.

Information about the authors

E.V. Ivanova, Doctor of Economic Sciences, Docent, Acting Rector, Michurinsk State Agrarian University, Ivanova@mgau.ru.

O.Yu. Antsiferova, Doctor of Economic Sciences, Professor, Director of the Institute of Economics and Management, Michurinsk State Agrarian University, anciferova-olga-70@mail.ru.

E.A. Myagkova, Candidate of Economic Sciences, Professor, the Dept. of Management and Business Administration, Michurinsk State Agrarian University, eam24@rambler.ru.

Статья поступила в редакцию 15.02.2025; одобрена после рецензирования 25.03.2025; принята к публикации 28.03.2025.

The article was submitted 15.02.2025; approved after reviewing 25.03.2025; accepted for publication 28.03.2025.

© Иванова Е.В., Анциферова О.Ю., Мягкова Е.А., 2025

5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА (ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 332.1

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2025_1_162

EDN: MEQFNH

Обеспечение кадрами предприятий аграрного сектора экономики: проблемы и подходы к решению

Галина Николаевна Тугускина^{1✉}, Аскар Наилевич Мустафин²

¹ Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

² Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

¹ galina066@mail.ru✉

Аннотация. Эффективное развитие сельского хозяйства в условиях реализации политики импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности России в значительной мере определяется наличием кадровых ресурсов. Представлен анализ причин дефицита кадров в российском аграрном секторе экономики. Целью исследования является выявление основных факторов, влияющих на обеспеченность кадрами предприятий аграрного сектора экономики и поиск возможных подходов в решении указанных проблем. Делается акцент на том, что отток сельского населения приводит к снижению численности занятых в сельском хозяйстве, усугубляя тем самым уже существующие кадровые проблемы. Выявлены основные причины нехватки кадров. К ним относятся непривлекательность и непрестижность работы в сельском хозяйстве, тяжелые условия труда, демографические проблемы, отсутствие инфраструктуры и др. Подчеркивается, что несмотря на наличие острой потребности сельскохозяйственных предприятий в кадрах, значительная доля выпускников сельскохозяйственных учебных заведений не работает по полученной специальности, а почти 10% выпускников пополняют ряды безработных. Проанализированы промежуточные результаты реализации государственной программы РФ «Комплексное развитие сельских территорий». Основным результатом является повышение качества жизни сельских жителей и увеличение доли сельского населения до 25%. Исследуется структура сельских поселений в разрезе численности жителей. Показано, что более 85% сельских населенных пунктов с численностью менее трех тысяч человек не попадают в зону опорных населенных пунктов, что может неблагоприятно отразиться на их развитии и, как следствие, на их привлекательности в первую очередь для молодежи как основного кадрового ресурса. Делается вывод о том, что для закрепления кадров на селе необходимо прежде всего обеспечить удовлетворенность населения условиями жизни и повысить престижность профессий аграрного профиля за счет формирования позитивного имиджа села и создания преимуществ проживания в сельской местности.

Ключевые слова: сельские территории, условия труда, качество жизни, численность занятых в сельском хозяйстве, кадровые ресурсы, отток населения

Для цитирования: Тугускина Г.Н., Мустафин А.Н. Обеспечение кадрами предприятий аграрного сектора экономики: проблемы и подходы к решению // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2025. Т. 18, № 1(84). С. 162–168. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_162-168.

5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS (ECONOMIC SCIENCES)

Original article

Strategic staffing of enterprises in agricultural sector of economic activity: problem-solving approach

Galina N. Tuguskina^{1✉}, Askar N. Mustafin²

¹ Penza State University, Penza, Russia

² Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia

¹ galina066@mail.ru✉

Abstract. The effective development of agriculture in the context of the implementation of the policy of import substitution and ensuring food security in Russia is largely determined by the availability of human resources. The analysis of the overall understaffing causes in the national agricultural sector of the economy is presented. The purpose of the study is to identify the main factors affecting the staffing of enterprises in agricultural sector of national economy and to search for possible approaches to solving these problems. The emphasis is placed on the fact that the outflow of the rural population leads to a decrease in the number of people employed in agriculture, thereby worsening existing labor problems. The main causes of manpower shortage have been identified, i.e. the unattractiveness and lack of occupational prestige in agriculture, heavy condition of work, demographic problems, infrastructure constraints, etc. It is emphasized that despite the acute demand of

agricultural enterprises for personnel, a significant proportion of graduates of agricultural educational institutions do not work within their specialty, and almost 10% of graduates fall into the ranks of the unemployed. The interim results of the implementation of "Integrated Development of Rural Territories" State Program of the Russian Federation are analyzed. The main result is an improvement in the quality of life of rural residents and an increase in the share of the rural population to 25%. The structure of rural settlements in terms of the number of inhabitants is studied. It is shown that more than 85% of rural settlements with a population of less than three thousand people do not fall into the zone of support settlements, which can adversely affect their development and, as a result, their attractiveness, primarily for young people as the main human resource. It is concluded that in order to consolidate personnel in rural areas, it is necessary, first of all, to ensure the satisfaction of the population with living conditions and to increase the prestige of agricultural professions by forming a positive image of the village and creating advantages of living in rural areas.

Keywords: rural areas, working conditions, quality of life, number of people employed in agriculture, human resources, population outflow

For citation: Tuguskina G.N., Mustafin A.N. Strategic staffing of enterprises in agricultural sector of economic activity: problem-solving approach. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2025;18(1):162-168. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_162-168.

Для выхода российского сельского хозяйства на конкурентоспособные позиции как на внутреннем, так и на международном рынках необходимо завершить переход на инновационную модель развития. Кроме того, в связи с усилением процессов инновационного развития экономики России в целом, и агропромышленного комплекса в частности, назрела острая необходимость трансформации сложившейся парадигмы кадрового обеспечения, имея в виду актуальность оценки степени его влияния на эффективность сельскохозяйственного производства.

Актуальность исследования обусловлена тем, что эффективное развитие сельского хозяйства в условиях реализации политики импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности России в значительной мере определяется важнейшим ресурсом – людьми, так как именно кадры являются основным источником развития сельскохозяйственного производства. Однако желание трудиться в аграрном секторе во многом определяется качеством жизни на селе. Это и уровень развития объектов социальной инфраструктуры, комфортность проживания на конкретной территории, качество и доступность образования, здравоохранения и других жизненно необходимых услуг.

Исследование проблем воспроизводства человеческого капитала аграрного сектора экономики базируется на информационной базе данных Росстата, нормативно-правовых документах, периодических изданиях. В основу исследования были положены общеметодологические методы исследования: статистический, абстрактно-логический, обобщение, анализ, синтез и другие методы, включая такие эмпирические приемы, как сравнение и описание.

Проведенный анализ показал, что отсутствие в небольших селах производственной базы, системообразующих предприятий и малого бизнеса, постоянной работы, развитой социальной инфраструктуры, низкое качество жизни – все это негативно отражается на желании людей трудиться на селе [6, с. 14]. Так, О.Д. Ермоленко [4, с. 197] отмечает, что «...развитие инфраструктуры сельских территорий является основой обеспечения воспроизводства человеческого капитала сельскохозяйственного производства». С точки зрения А.С. Щербаковой [15, с. 49], «...серьезный дефицит высококвалифицированных кадров, который испытывают сельскохозяйственные организации, является сдерживающим фактором инновационного развития аграрного сектора в условиях цифровизации и современных рыночных реалиях». Ю.В. Желудева и Д.И. Жиликов [5, с. 181] делают акцент на том, что «...существенная разница в уровне и качестве жизни села и города влечет за собой высокий уровень миграции».

Отток человеческого капитала с сельских территорий приводит к обострению существующих в агропромышленном комплексе проблем, поскольку уезжают, как правило, лучшие представители молодежи.

Как свидетельствуют данные статистики, численность занятых в сельском хозяйстве неуклонно снижается. За последнее десятилетие сельскохозяйственные предприятия потеряли более 1500 тыс. чел. (рис. 1). По данным Минсельхоза России в агропромышленном комплексе РФ не хватает 200 тыс. чел., а к 2030 г. эта цифра может вырасти на 30–50 тыс. [3, 8].

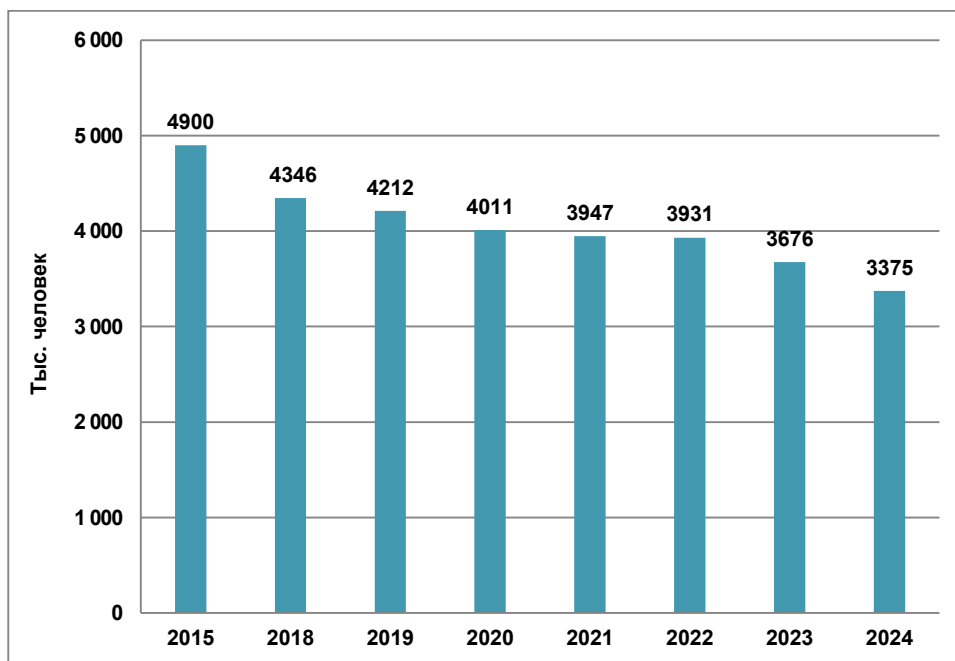


Рис. 1. Динамика численности занятых в аграрном производстве [12, 13]

Данные за 2024 г. представлены по состоянию на 01.03.2024.

Группа компаний Б1 совместно с Национальной ассоциацией сельхозтоваропроизводителей и промышленников в АПК полного цикла «ИнтерАгроТех» провела исследование, посвященное оценке кадровой ситуации, сложившейся в российском сельском хозяйстве. В опросе приняло участие 172 компании, занимающиеся растениеводством, из всех федеральных округов РФ. Исследование показало, что предприятия АПК испытывают явную нехватку персонала, при этом значительная доля опрошенных (88%) отметили, что в последние годы положение с обеспечением кадрами ухудшилось. Значительно увеличилось время поиска персонала (от месяца до полугода). Наиболее востребованными специальностями на предприятиях в области растениеводства около 80% респондентов выделили механизатора-тракториста и механизатора-комбайнера. Дефицит кадров приводит к тому, что сотрудники вынуждены работать с повышенной нагрузкой (данный факт отметили 68% представителей отрасли). Наиболее заметно негативное влияние нехватки трудовых ресурсов при проведении уборочной кампании (так сообщили 87% опрошенных), механической обработки почвы (64%) и посевной кампании (62%). Основными причинами нехватки кадров, по мнению респондентов, являются непривлекательность сельского хозяйства как сферы деятельности (85%), демографические проблемы (84%), отсутствие комфортной инфраструктуры (64%), тяжелые условия труда (48%), низкая зарплата (30%), 94% респондентов отметили, что руководители стараются удерживать сотрудников высокой зарплатой, однако 60% представителей отрасли считают, что сельхозпредприятия не могут без помощи государства изменить ситуацию с дефицитом кадров [10].

Кроме того, следует признать, что сложившаяся ситуация в сельском хозяйстве обусловлена не только отсутствием достойных условий жизни на селе, но и обесцениванием сельскохозяйственного труда, его низкой конкурентоспособностью. Большинство сельской молодежи, уезжая учиться в город, изначально не планирует возвращаться

назад, причем независимо от того, обучение по какой специальности они выбрали – связанной с сельскохозяйственным производством или нет. В качестве основных причин, выявленных рядом исследований, можно назвать следующие: низкая привлекательность сельскохозяйственного производства в сравнении с другими отраслями экономики, а также сельского образа жизни, непрестижность аграрного труда, существенное различие в комфортности условий проживания в сельской и городской местности, тяжелый физический труд, работа без выходных в период посевных и уборочных работ при низком уровне оплаты труда и др.

Непрестижность работы в сельском хозяйстве сказывается и на низком конкурсе в сельскохозяйственные вузы, из-за чего страдает качество подготовки специалистов. Кроме того, далеко не все выпускники сельскохозяйственных вузов и колледжей идут работать по специальности. Существенная доля молодых специалистов 2020–2022 гг. выпуска трудится не по полученной профессии (рис. 2).

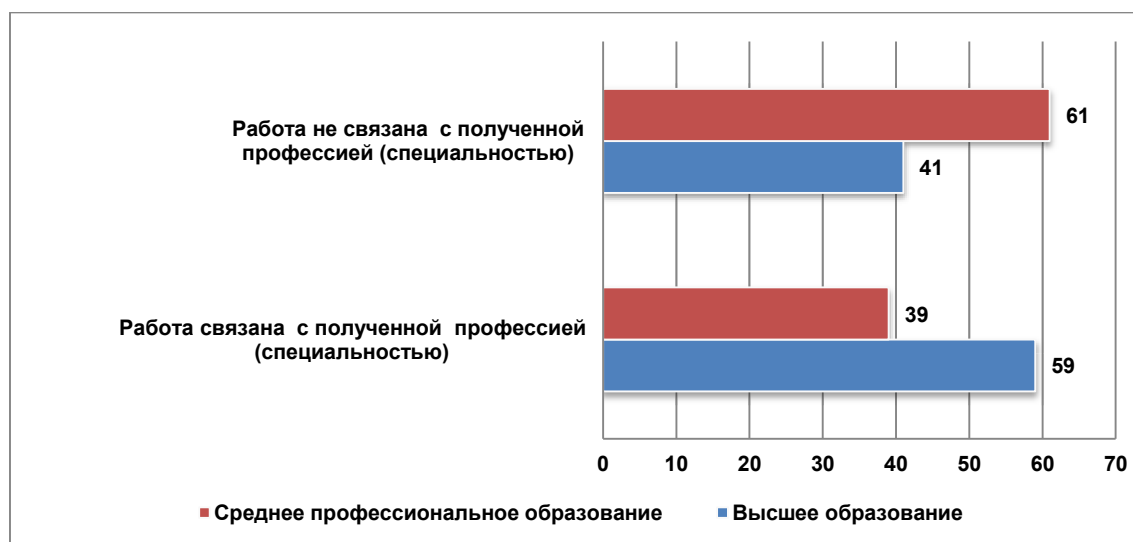


Рис. 2. Структура профессиональной деятельности выпускников, % [11]

Кроме того, около 10% выпускников сельскохозяйственных вузов и средних специальных учебных заведений 2020–2022 гг. выпуска являются безработными (рис. 3). И это в условиях острейшего дефицита кадров в отрасли.

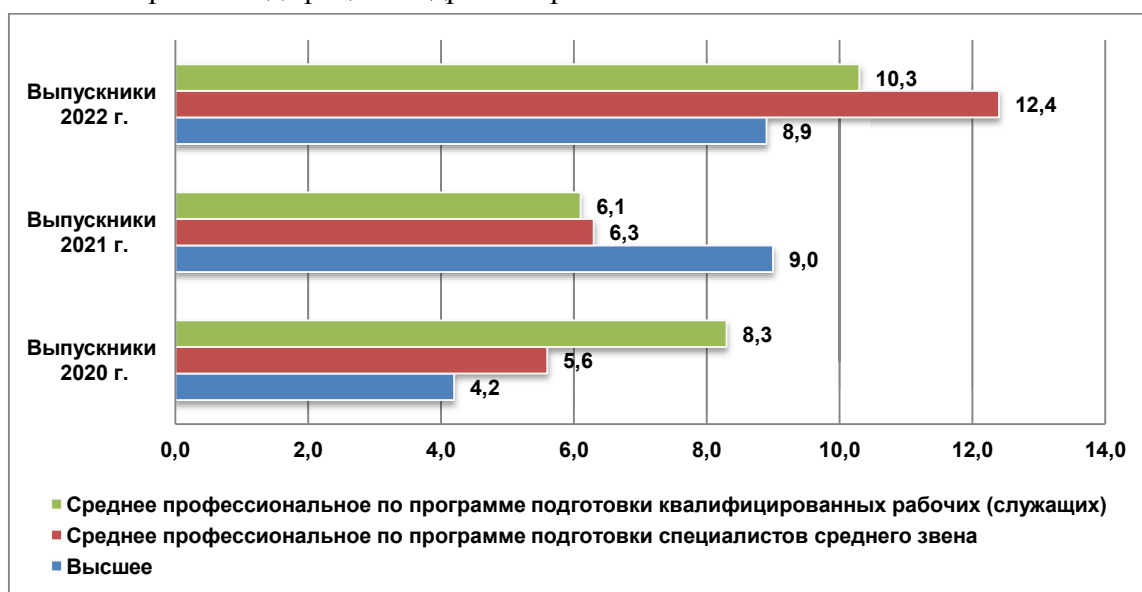


Рис. 3. Уровень безработицы выпускников сельскохозяйственных учебных заведений [11]

В определенной мере одной из причин низкой закрепляемости выпускников учебных заведений сельскохозяйственного профиля, текучести кадров являются плохие условия труда в аграрном секторе. В результате происходит отток квалифицированных специалистов в другие отрасли экономики. Решить обозначенные проблемы призвана государственная программа РФ «Комплексное развитие сельских территорий» [7]. Общий объем финансового обеспечения составляет 1491259417,9 тыс. руб., из них основная доля приходится на бюджетные ассигнования федерального бюджета (рис. 4). Значительные средства предполагается привлечь из внебюджетных источников.

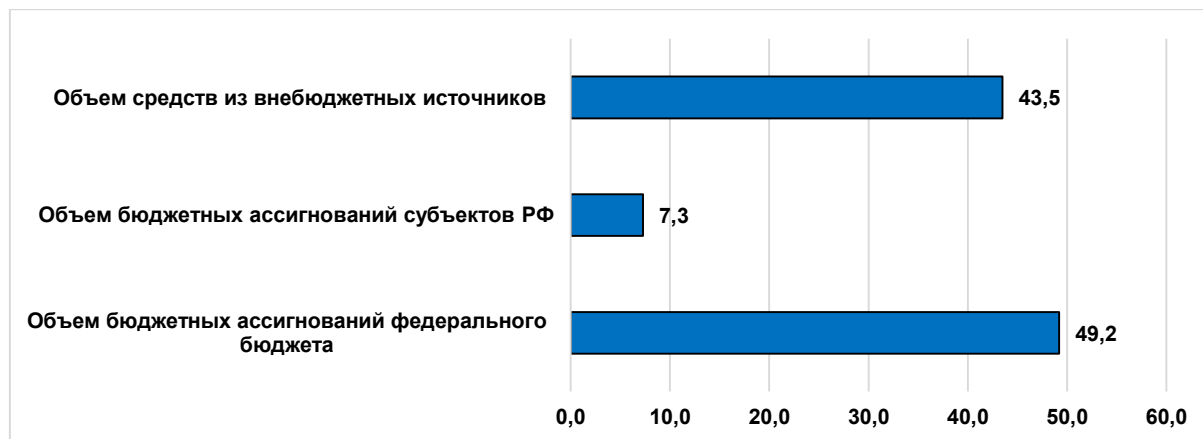


Рис. 4. Структура бюджетных и внебюджетных ассигнований на исполнение Программы «Комплексное развитие сельских территорий», % [7]

Однако, несмотря на то что доля местных бюджетов в софинансировании Программы составляет менее 8%, местные власти в сельских районах не всегда в состоянии обеспечить свою часть финансирования. Еще одна существенная проблема – найти частные компании или отдельных предпринимателей, которые готовы инвестировать свои средства в реализацию проектов.

Тем не менее, как показывают предварительные итоги реализации Программы с 2020 по 2023 г., из федерального бюджета уже выделено 125 млрд руб. на развитие сельских территорий и улучшение качества жизни на селе, что позволило более 5,4 тыс. семей улучшить жилищные условия, создать 95 тыс. рабочих мест. Построено и модернизировано около 4000 объектов социальной и инженерной инфраструктуры, реализовано более 12 000 проектов благоустройства общественных пространств. Таким образом, повышение качества жизни сельских жителей уже дает определенные результаты: доля сельского населения достигла 25% [1].

В 2023 г. по инициативе Правительства РФ было положено начало реализации программы по развитию опорных населенных пунктов и прилегающих к ним территорий. К таковым относятся: сельские поселения численностью более трех и менее 50 тыс. человек; имеющие постоянную транспортную связь с административным центром субъекта; территорию для перспективного развития и застройки, более 50% от общей численности населения должны иметь доступ к объектам инфраструктуры [8]. На сегодняшний день насчитывается 1732 опорных населенных пункта в 78 субъектах РФ. Однако согласно статистике из общего числа сельских поселений в России (на 1 января 2023 г. их насчитывалось 14 574), основную долю (14,8%) составляют сельские населенные пункты численностью менее 3000 человек [14]. При этом в число опорных пунктов, как правило, попадают прежде всего районные центры.

Таким образом, Программа развития сельских территорий не коснется подавляющего числа российских сел. Вопрос относительно того, выберет ли молодежь для прожи-

вания и работы создаваемые опорные населенные пункты или же переедет в город, представляется дискуссионным. Это означает, что оперативное решение кадровой проблемы аграрного сектора остается под вопросом. Предлагаемый Минсельхозом России федеральный проект «Кадровое и научное обеспечение АПК и РХК» (как один из нескольких федеральных проектов национального проекта «Технологическое обеспечение продовольственной безопасности») направлен на решение проблемы дефицита кадров в отрасли с ориентацией на подготовку высококвалифицированных кадров для сельского хозяйства, в том числе науки. В соответствии с данным федеральным проектом планируется создание агротехнологических классов для учащихся 8–11-х классов школ, увеличение числа выпускников средних учебных заведений с 9,8 тыс. в 2023 г. до 13,2 тыс. в 2030 г. и высших учебных заведений – с 43,4 тыс. до 68,7 тыс. человек. К 2030 г. показатель подготовки научных кадров должен вырасти с 689 до 1350 человек ежегодно [2].

Но для того чтобы дипломированные специалисты пришли работать в сельское хозяйство и остались, нужны веские основания – повышение престижности профессий агропромышленного комплекса и удовлетворенность условиями жизни, так как именно эти факторы выступают основой для принятия решения трудиться в аграрном секторе. Повысить престиж сельскохозяйственных профессий, на наш взгляд, можно путем формирования позитивного имиджа села за счет естественных преимуществ проживания в сельской местности, расширения возможностей для самореализации работников, наличия перспектив карьерного роста, достойной оплаты труда и условий для отдыха. Только комплексный подход позволит свести к минимуму кадровые проблемы в аграрной отрасли.

Список источников

1. В 2023 году достигнуты все ключевые цели госпрограммы комплексного развития сельских территорий [Электронный ресурс] // ФГБУ «Центр Агроаналитики» Минсельхоза России. URL: <https://specagro.ru/news/202405/v-2023-godu-dostignuty-vse-klyuchevye-celi-gosprogrammy-kompleksnogo-razvitiya-selskikh> (дата обращения: 18.06.2024).
2. В Минсельхозе разработали федпроекты для достижения национальных целей развития РФ [Электронный ресурс] // ФГБУ «Центр Агроаналитики» Минсельхоза России. URL: <https://specagro.ru/news/202405/v-minselkhoze-razrabotali-fedproekty-dlya-dostizheniya-nacionalnykh-celey-razvitiya-rf> (дата обращения: 17.06.2024).
3. В Минсельхозе рассказали, что АПК может столкнуться с нехваткой кадров [Электронный ресурс] // РИА Новости. URL: <https://ria.ru/20240123/apk-1922991811.html> (дата обращения: 24.05.2024).
4. Ермоленко О.Д. Инфраструктурный аспект планирования воспроизводства человеческого капитала сельского хозяйства // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2023. № 5(99). С. 196–205. DOI: 10.33938/235-196.
5. Желудева Ю.В., Жиликов Д.И. Оценка динамики развития сельских территорий региона // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 5. С. 179–184.
6. Зайцева М.В. Формирование и использование человеческого капитала аграрно-ориентированных сельских территорий: автореферат дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. Воронеж, 2020. 26 с.
7. 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 года № 696 [Электронный ресурс]. URL: <http://government.ru/docs/all/122219/> (дата обращения: 18.06.2024).
8. Об утверждении методических рекомендаций по критериям определения опорных населенных пунктов и прилегающих территорий: Распоряжение Правительства РФ от 23.12.2022 № 4132-р [Электронный ресурс]. URL: <http://government.ru/docs/all/145166/> (дата обращения: 18.06.2024).
9. Работать некому: у российского агропромышленного комплекса дефицит кадров в 200 тысяч человек [Электронный ресурс] // BFM.RU. URL: <https://www.bfm.ru/news/537577> (дата обращения: 24.05.2024).
10. Растениеводство: будут люди и технологии – будет урожай [Электронный ресурс] // Группа компаний Б1. URL: <https://b1.ru/local/assets/surveys/b1-interagrotech-survey-2024.pdf> (дата обращения: 14.06.2024).
11. Рынок труда, занятость и заработная плата [Электронный ресурс] // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики (Росстат). URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/trud_vps_2020-2022.xlsx (дата обращения: 10.06.2024).
12. Сельское хозяйство в России. 2023: Стат. сб. Москва: Росстат, 2023. 103 с.

13. Трудовые ресурсы, занятость и безработица [Электронный ресурс] // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики (Росстат). URL: https://rosstat.gov.ru/labour_force (дата обращения: 17.05.2024).

14. Число муниципальных образований по субъектам Российской Федерации на 1 января 2023 года [Электронный ресурс] // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики (Росстат). URL: rosstat.gov.ru/storage/mediabank/1-adm-2023.xlsx (дата обращения: 29.05.2024).

15. Щербакова А.С. Кадровое обеспечение сельского хозяйства (на примере республики Коми) // Экономика сельского хозяйства России. 2023. № 4. С. 48–57. DOI: 10.32651/234-48.

References

1. In 2023, all key goals of the State Program for the Integrated Development of Rural Areas were achieved. URL: <https://specagro.ru/news/202405/v-2023-godu-dostignuty-vse-klyuchevye-celi-gosprogrammy-kompleksnogo-razvitiya-selskikh>. (In Russ.).

2. In the Ministry of Agriculture developed federal projects to achieve national development goals for the Russian Federation. URL: <https://specagro.ru/news/202405/v-minselkhoze-razrabotali-fedproekty-dlya-dostizheniya-natsionalnykh-celey-razvitiya-rf>. (In Russ.).

3. In the Ministry of Agriculture reported that national Agro-Industrial Complex may face a shortage of personnel. URL: <https://ria.ru/20240123/apk-1922991811.html>. (In Russ.).

4. Ermolenko O.D. Infrastructural aspect of agricultural human capital reproduction planning. *Economics, Labor, Management in Agriculture*. 2023;5(99):196-205. (In Russ.).

5. Zheludeva Yu.V., Zhilyakov D.I. Assessment of the dynamics of rural development in the region. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2022;5:179-184. (In Russ.).

6. Zajtseva M.V. Formation and use of human capital in agriculturally-oriented rural areas: Author's Abstract of a Dissertation in Economic Sciences: 08.00.05. Voronezh; 2020. 26 p. (In Russ.).

7. On approval of the State Program of the Russian Federation "Integrated Development of Rural Areas" and on amendments to certain acts of the Government of the Russian Federation: Resolution of the Government of the Russian Federation of May 31, 2019 No. 696. URL: <http://government.ru/docs/all/122219/>. (In Russ.).

8. On approval of methodological recommendations on the criteria for determining key settlements and adjacent territories: Decree of the Government of the Russian Federation of December 23, 2022 No. 4132-r. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/405920097/>. (In Russ.).

9. There is nobody to work: Russian Agro-Industrial Complex has a personnel shortage of 200 thousand people. BFM.RU. URL: <https://www.bfm.ru/news/537577>. (In Russ.).

10. Plant growing: when there were workers and technologies, there would be harvest. URL: <https://b1.ru/local/assets/surveys/b1-interagrotech-survey-2024.pdf>. (In Russ.).

11. Labor market, employment and wages. Official website of the Federal State Statistics Service (Rosstat). URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/trud_vps_2020-2022.xlsx. (In Russ.).

12. Agriculture in Russia. 2023: Statistical digest. Moscow: Rosstat Publishers; 2023. 103 p. (In Russ.).

13. Labor force, employment and unemployment. Official website of the Federal State Statistics Service (Rosstat). URL: https://rosstat.gov.ru/labour_force. (In Russ.).

14. Number of municipalities by constituent entities of the Russian Federation of January 1, 2023. Official website of the Federal State Statistics Service (Rosstat). URL: rosstat.gov.ru/storage/mediabank/1-adm-2023.xlsx. (In Russ.).

15. Shcherbakova A.S. Staffing for agriculture (by the example of the Komi Republic). *Economics of Agriculture of Russia*. 2023;4:48-57. (In Russ.).

Информация об авторах

Г.Н. Тугускина – доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры менеджмента и государственного управления ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», galina066@mail.ru.

А.Н. Мустафин – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономической теории и эконометрики ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», mustafin.ksu@yandex.ru.

Information about the authors

G.N. Tuguskina, Doctor of Economic Sciences, Professor, the Dept. of Management and Public Administration, Penza State University, galina066@mail.ru.

A.N. Mustafin, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Economic Theory and Econometrics, Kazan (Volga region) Federal University, ANMustafin@kpfu.ru.

Статья поступила в редакцию 20.11.2024; одобрена после рецензирования 25.12.2024; принята к публикации 15.01.2025.

The article was submitted 20.11.2024; approved after reviewing 25.12.2024; accepted for publication 15.01.2025.

© Тугускина Г.Н., Мустафин А.Н., 2025

5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА
(ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 338.27

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2025_1_169

EDN: MIQZOW

**Интеграция машинного обучения в систему прогнозирования
экономических параметров агропродовольственного сектора**

**Александр Алексеевич Дубовицкий¹, Эльвира Анатольевна Климентова^{2✉},
Владислав Александрович Шацкий³**

^{1, 2, 3} Мичуринский государственный аграрный университет, Мичуринск, Россия

¹ Klim1-408@yandex.ru[✉]

Аннотация. Агропродовольственный сектор (АПС) представляет собой подсистему национальной экономики, ориентированную на удовлетворение потребностей всего населения в продуктах питания, сохраняющую и поддерживающую его жизнедеятельность, а также содействующую эффективной занятости и социокультурному развитию жителей, проживающих в сельской местности. Несмотря на комплекс факторов неопределенности, негативно влияющих на функционирование агропродовольственных экономических систем (АПЭС), минимизация рисков, влияющих на функционирование экономических субъектов, создает новые возможности для повышения их конкурентоспособности и эффективности. Основой минимизации рисков выступает повышение предсказуемости изменчивости внешней среды на основе прогнозирования. Представлены результаты обоснования необходимости, возможностей и направлений интеграции машинного обучения (Machine Learning – ML) в систему прогнозирования экономических параметров АПС. Исследование было выполнено с опорой на накопленный научный и практический опыт прогнозирования экономических систем и развития ML. Систематизированы традиционные методы прогнозирования и методы ML, показано место искусственных нейронных сетей (ANN) в этой системе. Рассмотрены преимущества и недостатки использования ML для прогнозирования АПС, условия целесообразности интеграции ML в традиционную систему прогнозирования, практические аспекты использования математического алгоритма для моделирования агропродовольственных систем, а также условия совершенствования информационной инфраструктуры в целях обеспечения доступности источников данных и технологий их обработки. Оптимальный подход к совершенствованию прогнозирования видится на основе интеграции методов ML в традиционную систему, сложившуюся и применяемую экономическими субъектами в течение уже продолжительного времени. Этот подход к прогнозированию расширяет возможности участников АПЭС, позволяя оценивать риски, принимать решения, разрабатывать стратегии и более эффективно противостоять вызовам неопределенности.

Ключевые слова: агропродовольственный сектор (АПС), агропродовольственная экономическая система (АПЭС), сельское хозяйство, прогнозирование, принципы, методы, искусственный интеллект, машинное обучение, нейронные сети

Финансирование: статья подготовлена по результатам исследований, выполненных при финансовой поддержке Российского научного фонда, научный проект № 25-28-01313, <https://rscf.ru/project/25-28-01313/>.

Для цитирования: Дубовицкий А.А., Климентова Э.А., Шацкий В.А. Интеграция машинного обучения в систему прогнозирования экономических параметров агропродовольственного сектора // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2025. Т. 18, № 1(84). С. 169–189. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_169-189.

5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS
(ECONOMIC SCIENCES)

Original article

**Integration of machine learning into the forecasting system
of economic parameters of agrifood sector**

Aleksandr A. Dubovitskiy¹, Elvira A. Klimentova^{2✉}, Vladislav A. Shatskiy³

^{1, 2, 3} Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia

¹ klim1-408@yandex.ru[✉]

Abstract. The agri-food sector (AFS) is a subsystem of the national economy focused on meeting the food needs of the entire population, preserving and supporting their livelihoods, as well as contributing to effective employment and socio-cultural development of residents living in rural areas. Despite the complex of uncertainty factors that negatively affect the functioning of agri-food economic systems (AFES), minimizing the risks affecting the functioning of economic entities creates new opportunities to increase their competitiveness and efficiency. The basis for

minimizing risks is to increase the predictability of environmental variability based on forecasting. The results of substantiation of the necessity, possibilities and directions of integration of machine learning (Machine Learning – ML) into the forecasting system of economic parameters of APS are presented. The research was carried out based on the accumulated scientific and practical experience in forecasting economic systems and ML development. Traditional forecasting methods and ML methods are systematized, and the place of artificial neural networks (ANN) in this system is shown. The advantages and disadvantages of using ML for agri-food economic systems forecasting, the conditions for the feasibility of integrating ML into a traditional forecasting system, the practical aspects of using a mathematical algorithm for modeling agri-food systems, as well as the conditions for improving the information infrastructure in order to ensure the availability of data sources and processing technologies are considered. The optimal approach to improving forecasting is seen based on the integration of ML methods into the traditional system that has developed and has been used by economic entities for a long time. This approach to forecasting expands the capabilities of participants in agri-food economic systems, allowing them to assess risks, make decisions, develop strategies and more effectively face the challenges of uncertainty.

Key words: agrifood system, agriculture, forecasting, principles, methods, artificial intelligence, machine learning, neural networks

Funding: the article was prepared based on the results of research supported by the Russian Science Foundation, Project No. 25-28-01313, <https://rscf.ru/project/25-28-01313/>.

For citation: Dubovitskiy A.A., Klimentova E.A., Shatskiy V.A. Integration of machine learning into the forecasting system of economic parameters of the agrifood sector. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2025;18(1):169-189. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_169-189.

Агропродовольственный сектор представляет собой подсистему национальной экономики, ориентированную на удовлетворение потребностей всего населения в продуктах питания, сохраняя и поддерживая его жизнедеятельность, при этом содействует эффективной занятости и социокультурному развитию жителей, проживающих в сельской местности. Агропродовольственный сектор функционирует как социально-экономическая система, интегрированная в общую территориальную структуру [14], ответственную за общегосударственную продовольственную безопасность [7]. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН, агропродовольственные системы являются основой экономики многих стран, обеспечивая доходы более чем одного миллиарда человек и производя около 11 млрд т продовольствия ежегодно [29].

В современных условиях агропродовольственные системы подвержены многим рискам – климатическим [45], экологическим [4, 6, 25], социально-экономическим [13, 41], рискам технологическим условий [38, 39], а также геополитических процессов [55], будь то постепенные или резкие изменения, которые вызывают проблемы, негативно влияющие на функционирование экономических субъектов, снижая эффективность их деятельности [51].

Несмотря на целый комплекс факторов неопределенности, негативно влияющих на функционирование агропродовольственных систем, следует отметить, что минимизация рисков экономическими субъектами создает новые возможности для повышения конкурентоспособности и эффективности [46]. Основой минимизации рисков выступает повышение степени предсказуемости изменчивости внешней среды на основе прогнозирования агропродовольственных экономических систем.

Прогнозирование факторов, влияющих на параметры функционирования экономических субъектов на рынке сельскохозяйственных и продовольственных товаров, имеет решающее значение как для обеспечения устойчивости агропродовольственной системы в целом, так и эффективности функционирования ее отдельных элементов, включая предприятия, организации и отрасли. Однако это непростая задача, поскольку решение проблемы предсказуемости подразумевает необходимость анализа больших и очень изменчивых временных рядов, на которые сильно влияют сопутствующие условия.

В настоящее время в области прогнозирования существует множество методов, подходов и алгоритмов. Традиционно исследования по прогнозированию экономических параметров функционирования агропродовольственного сектора в значительной степени опираются на интуитивные и формализованные методы, совокупность которых составляет инструментальную базу методологии прогнозирования.

Интуитивные методы берутся за основу при попытках решения сложно прогнозируемых задач, в ситуациях, когда необходим субъективный взгляд эксперта или экспертов на возможные траектории экономического развития. Они представляют собой своеобразное научное развитие формы предвидения, которое строилось на житейском опыте и исторически использовалось для получения предсказания. Современные интуитивные методы представляют собой совокупность инструментария индивидуального и коллективного прогнозирования с применением оценок, основанных на профессиональном опыте и квалификации участников процесса (интервью, метод сценариев, метод Дельфи, мозговой штурм и др.). Несмотря на кажущуюся простоту их применения, они, как правило, требуют больших знаний в предметной области для работы, чем подходы с формализацией данных.

В отличие от интуитивных, формализованные методы основаны на более четком математическом выражении прогноза и предоставляют более полную и точную информацию, помогая лицам, принимающим решения, лучше понимать вероятность и диапазон колебаний оцениваемых параметров, тем самым способствуя адаптации к рискам внешней среды. В современных исследованиях и практике используются различные формализованные методы, которые при определенном допущении базового инструментария можно разграничить на методы экстраполяции и моделирования.

Посредством методов экстраполяции, на основе анализа одномерных временных рядов и математических функций решаются задачи прогнозирования различных процессов, когда тенденции их развития сохраняются в долгосрочной перспективе, и существует возможность их проецирования на будущие результаты. Эти методы привлекают широкое внимание своей простотой и отработанным алгоритмом, используемым уже длительное время в прогнозировании, описывают динамику оцениваемых параметров (цена, спрос, совокупное предложение и др.), однако их возможности ограничены в случаях поиска взаимосвязей между параметрами.

Более сложными в практике использования являются методы прогнозирования, основанные на моделировании различных элементов социально-экономических систем, процессов и явлений, выраженных многомерными временными рядами.

Экстраполяционные методы, являясь одними из самых распространенных и наиболее разработанных среди всей совокупности методов прогнозирования, основаны на одномерных временных рядах и требуют значительно большего объема информации для построения, что делает их более сложными для применения на практике. Эти методы используются при попытках описания причинно-следственной связи между ключевыми движущими факторами агропродовольственных систем с помощью математических функций. В общем виде они реализуются посредством статистико-экономического (корреляционно-регрессионные модели, авторегрессия интегрированного скользящего среднего (ARIMA) и др.) и экономико-математического (методы оптимизации, системно-динамического прогнозирования и т. п.) моделирования.

Факторы, влияющие на параметры функционирования экономических субъектов, имеют сложные корреляционные связи, которые меняются со временем. Наиболее простой способ их идентификации состоит в решении однофакторной регрессионной задачи поиска функции для прогнозирования будущих значений из наблюдаемой части временного ряда. Это позволяет рассматривать стандартную задачу прогнозирования обычно как локальный подход по причине того, что не учитываются структурные закономерности между несколькими факторами в системе. Многофакторные регрессионные модели устраняют этот недостаток и позволяют получить более развернутое и определенно более точное представление о влиянии среды на изучаемые параметры системы.

Оценить корреляцию во временных рядах позволяет модель ARIMA, которая расширяет стандартную регрессионную модель, интегрируя ее с оценкой скользящей

средней. Она направлена на сглаживание данных путем дифференциации временного ряда и удаления нетипичных значений, что помогает отфильтровывать определенное влияние колеблемости. Эти характеристики способствуют более достоверному описанию корреляции во временных рядах и минимизации влияния фактора волатильности, что обеспечивает определенные преимущества в процессе анализа уникальных закономерностей. Однако она, как правило, при прогнозировании сложных взаимосвязанных систем генерирует результат с определенной погрешностью [53].

Наиболее сложной с точки зрения применимости для прогнозирования является группа методов экономико-математического моделирования, включая линейное программирование, подход лямбда-итерации, нелинейное программирование, метод Лагранжа и градиентный метод. В сельском хозяйстве широкое распространение получило экономико-математическое моделирование посевных площадей, кормовых рационов и производственной структуры [11, 12]. Эти алгоритмы исследуют множество альтернатив для поиска подходящих ответов для конкретных задач оптимизации. Они хорошо подходят для дифференцируемых математических задач и применимы с небольшими вычислительными затратами и определенными навыками программирования. При этом они требуют значительного объема информации для построения, что делает их относительно более сложными для использования на практике.

Несмотря на большой накопленный опыт и относительную простоту применения традиционных формализованных методов прогнозирования, высокую интерпретируемость моделей, построенных на их основе, и обеспечение понимания причинно-следственной связи между исходными данными и результатом прогнозирования, они имеют несколько существенных недостатков.

Во-первых, несмотря на то, что рассмотренные формализованные методы, традиционно используемые в прогнозировании, построены на различной математической базе и отличаются целями, характером и условиями применения, все они имеют одно общее важное свойство: линейный характер распределения данных в процессе прогнозирования, представляемых многомерным или одномерным векторным пространством. Однако макроэкономические параметры сложных экономических систем в большинстве своем имеют крайне нелинейный характер [35], что ограничивает возможности обеспечения необходимого уровня точности прогнозирования в рамках подобных подходов.

Во-вторых, в условиях высокой изменчивости процессов внешней среды, формирующих риски и вызывающих проблемы функционирования экономических субъектов, большинство традиционных методов перестает обеспечивать желаемый уровень надежности. Так, если в процессе экстраполяции выявлена тенденция повышения урожайности какой-либо сельскохозяйственной культуры с достаточно высокой степенью достоверности, эта тенденция переносится на прогнозируемый временной интервал, игнорируя возможные риски ее колеблемости. Современная ситуация такова, что анализ прежних тенденций и сложившихся закономерностей развития уже не может быть принят за основу прогнозирования их будущих параметров.

Высокая скорость и непредсказуемость происходящих изменений в агропродовольственных системах и особенно во внешней по отношению к ним среде требует совершенствования методологии прогнозирования посредством включения в нее таких подходов, которые могли бы организовать процесс с большим уровнем точности и достоверности с учетом влияния всего спектра возможных предикторов.

Одним из таких подходов может выступить машинное обучение (Machine Learning – ML), которое в последние годы эффективно используется в различных областях и сферах деятельности, от медицины до индустрии развлечений. В аграрном секторе это картирование полей, оценка загрязненности сорными растениями и болезнями, прогнозирование урожайности; на агропродовольственных и фондовых рынках – оценка инфляции, выявление колебаний котировок акций и решение многих других задач.

Машинное обучение – это область исследований искусственного интеллекта, которая позволяет машинам учиться и совершенствоваться на основе больших наборов данных (Big Data – BD) без явного программирования. Оно включает в себя создание алгоритмов, которые могут анализировать закономерности их распределения и генерировать модели для конкретных задач, что позволяет успешно прогнозировать широкий спектр нелинейных процессов с заданным уровнем точности.

Основная цель ML состоит в том, чтобы представить реальность, используя математическую функцию, которую алгоритм не знает заранее, но которую он может определить после просмотра исходной информации. Одно из преимуществ ML состоит в том, что в процессе обработки BD происходит автоматический выбор самых важных признаков для получения наиболее достоверного результата. В итоге формируется функция, позволяющая представить будущие параметры экономических систем на основе входных значений.

Эти алгоритмы, анализируя множество альтернатив, формируют матрицу синоптических связей, которая медленно меняется в процессе ML для поиска подходящих ответов на конкретные задачи прогнозирования. Базовый принцип ML заключается не в изучении уровней событий (абстракции), а в повышении качества обработки BD, в результате чего становится возможным понимание поведения сложных экономических систем на основе анализа совокупности BD.

Существует множество подходов к классификации методов ML. На наш взгляд, наиболее полно классифицировать состав этих методов позволяет градация в зависимости от способов обучения и принципов работы алгоритма.

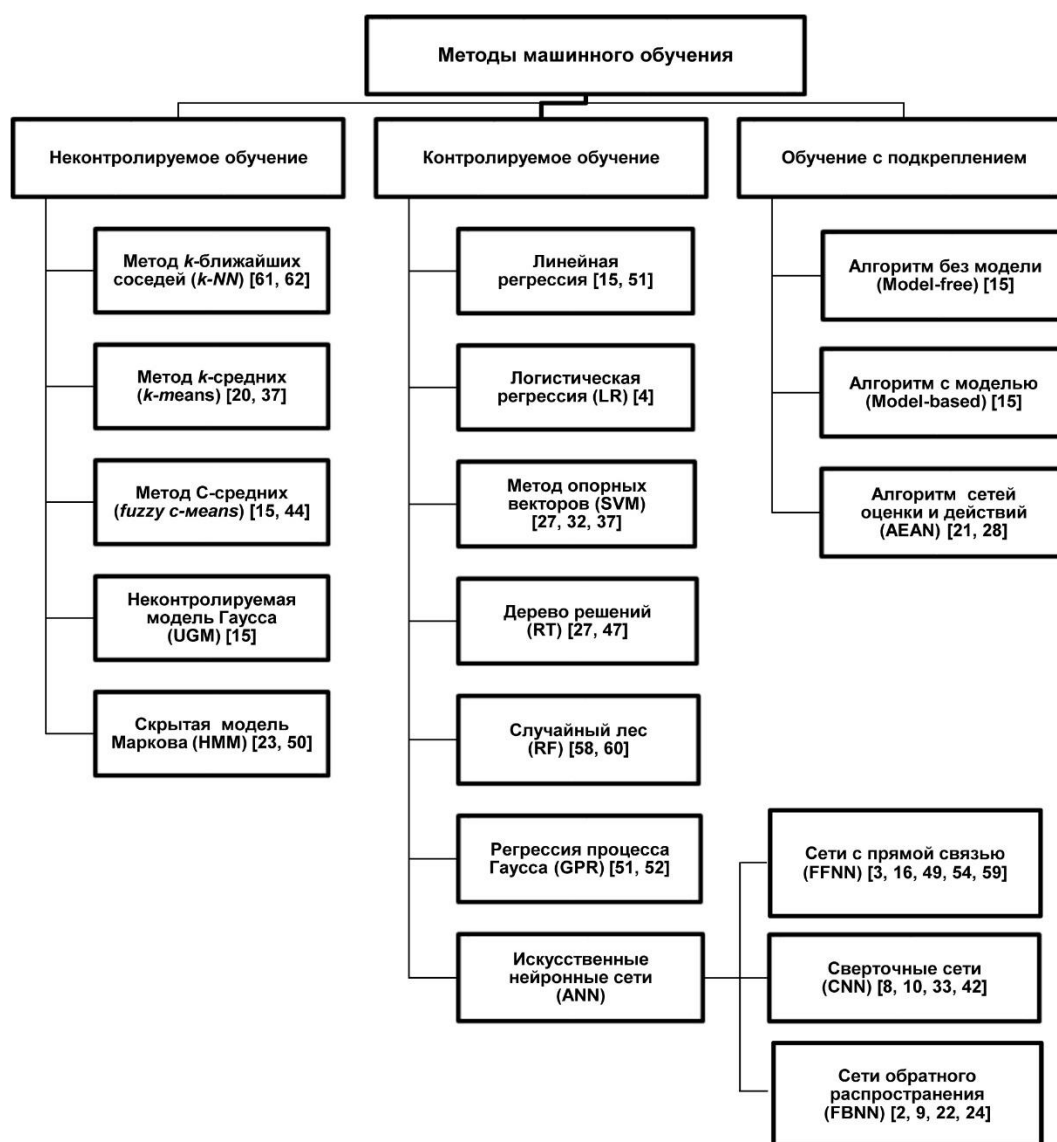
Способы ML формируются в зависимости от степени участия человека, поэтому принято выделять контролируемое, неконтролируемое обучение, а также обучение с подкреплением. В методах контролируемого машинного обучения анализ информации выполняется в процессе решения в основном двух типов задач: классификации и регрессии. При классификации совокупность BD разделяется на группы, в то время как регрессия предсказывает выходные значения путем нахождения связи между исходными параметрами. Неконтролируемое обучение преимущественно основано на решении задач кластеризации, снижения размерности и поиска ассоциаций.

Контролируемое обучение является наиболее часто используемым подходом ML, названным так из-за требования обеспечения четкого контроля процесса получения результатов человеком. Оно используется в качестве прогностического механизма, при котором часть BD, называемых входными, обрабатывается, а оставшаяся часть используется для определения точности и эффективности прогнозирования (выходные или контрольные данные). В процессе обучения совокупность входных значений сопоставляется с соответствующими выходными – алгоритм ML изучает массив представленной информации для поиска подходящего соответствия между ними [15]. После обучения контролируемый алгоритм способен прогнозировать требуемые параметры для изменяющихся условий внешней среды. Основная цель контролируемого алгоритма обучения состоит в том, чтобы предсказать правильный результат, связанный с заданными входными значениями при отсутствии видимой причинно-следственной связи между ними.

Неконтролируемое обучение предназначено для распознавания желаемых параметров из доступного набора информации без какого-либо вмешательства или контроля со стороны человека. Основное его отличие от контролируемого обучения состоит в том, что оно не использует контрольные значения для поиска скрытых закономерностей, что делает этот способ сравнительно более сложным с точки зрения реализации. Целью неконтролируемого обучения является создание модели, которая учитывает структурные и распределительные особенности информации для получения наиболее полной картины. Вместо использования метода обратной связи он основан на идентификации общих признаков с учетом наличия определенного сходства. Неконтролируемое обучение в основном представляет собой решение задач кластеризации, обнаружения аномалий или снижения размерности [20, 37, 50, 61].

Обучение с подкреплением – еще один важный способ ML, направленный на то, чтобы сформировать оптимальное поведение (реакцию) в изменяющихся условиях внешней среды. Вместо использования маркированных или немаркированных данных, оно обучается, взаимодействуя с окружающей средой через механизм проб и ошибок с целью максимизации ожидаемых вознаграждений [15]. Оно направлено на выработку решений или действий, в отличие от чистого моделирования или классификации предыдущих способов. В этом сценарии машина выступает как агент, а окружение – как ее среда. Машина использует принцип поощрения решений, связанных с ее деятельностью, чтобы выяснить, как действовать в процессе функционирования, чтобы максимизировать свои будущие вознаграждения. Обучение с подкреплением потенциально открывает возможности для глубокого обучения без участия человека благодаря обратной связи из подключенной среды. Этот способ обучения широко применяется в сферах деятельности, требующих оперативного принятия решений [21, 27].

Принципы работы ML закладывают различные алгоритмы, разработанные и адаптированные для этих целей. Алгоритмы неконтролируемого обучения не требуют маркированных данных. Основными из них являются методы кластеризации, неконтролируемая модель Гаусса и скрытая модель Маркова (см. рис.).



Классификация методов машинного обучения

Источник: составлено авторами по результатам проведенного исследования.

Алгоритм k -ближайших соседей (англ. *k-Nearest Neighbors* – k -NN) заключается в кластеризации совокупности данных в соответствии с их расстоянием от некоторого случайного числа k обучающих образцов [62]. Этот принцип работы алгоритма обычно называют «базовым», поскольку он не использует никаких параметров для обучения. Модель предполагает, что расстояние между точками достаточно для того, чтобы сделать вывод, не вдаваясь в характер их распределения. Решающее значение для алгоритма имеет оптимальный выбор значения k . Использование этого метода может быть затруднено в больших совокупностях, когда различия между точками уменьшаются, что может вызвать погрешность в измерении расстояния и затруднить кластеризацию. Метод k -NN часто используется в задачах распознавания образов, которые находят применение в социологии и экономике, при анализе социальных сетей и потребителей [61].

Метод кластеризации k -средних (англ. *k-means*) – это простой классический метод неконтролируемой кластеризации, который используется во многих приложениях из-за его простой архитектуры. Метод *k-means* не требует большой вычислительной мощности и имеет ясный рабочий принцип, что делает его доступным в реализации. Основным параметром алгоритма *k-means* является количество кластеров, на которые должны быть классифицированы точки BD, где средние значения изучаются итеративно до тех пор, пока не будет достигнуто желаемое количество групп [44]. Несмотря на преимущества алгоритма *k-means*, его недостатком является то, что не всегда удается выявить подходящее количество кластеров. Кроме того, *k-means* очень чувствителен к масштабу точек обучающих параметров [15]. Применяется данный алгоритм при районировании территорий [37], анализе поведения потребителей и спроса [20].

Метод нечеткой кластеризации C -средних (англ. *fuzzy clustering*, *soft k-means*, *c-means*, *FCM*) является еще одним методом, который в отличие от k -средних может классифицировать принадлежность одной точки совокупности более чем одному кластеру, используя так называемую «функцию принадлежности» [44]. Основными параметрами алгоритма *FCM* являются количество кластеров, показатель нечеткости и толерантность к завершению. Как и предыдущий алгоритм, данный метод широко используется в различных приложениях из-за простоты реализации и приемлемой производительности. Однако он ограничен в применении для кластеризации совокупностей BD сложных явлений с высоким уровнем нелинейности [15].

Неконтролируемая модель Гаусса (Unsupervised Gaussian Model – UGM) является еще одним часто используемым методом ML, который эффективно решает задачи кластеризации массивов BD. Каждому кластеру присваивается гауссово распределение, и данный алгоритм позволяет провести распределение единиц совокупности по группам. UGM наиболее предпочтителен для неконтролируемых приложений, которые формируют классы с «размытыми» границами [15].

Скрытая модель Маркова (Hidden Markov model – HMM) – это алгоритм, который обеспечивает моделирование последовательных процессов принятия решений, где результаты частично случайны и частично находятся под контролем лица, принимающего решения. Он представляет собой модель, использующую процесс Маркова для вывода скрытых состояний из последовательности наблюдений в дискретном времени. В целом это эффективный инструмент для моделирования статистических свойств совокупности наблюдений, коррелирующих с ненаблюдаемой переменной состояния, где переходы между этими состояниями происходят с определенной вероятностью [23]. Его целью является стратегия принятия решений, которая максимизирует функцию совокупных эффектов. HMM широко используются в различных приложениях, таких как распознавание речи, финансы, прогнозировании рабочих процессов [50].

Обучение с подкреплением реализуется посредством алгоритмов на основе модели (Model-based) и без модели (Model-free). В первом случае используется заранее подготовленная модель для уменьшения рисков достижения желаемых результатов. В этом заключается главное преимущество этого метода. Кроме того, предварительное моделирование требует меньше вычислительных усилий во время непосредственного использования алгоритма. Однако при этом разработка самой модели требует более высоких вычислительных усилий и большего объема памяти по сравнению с обучением без модели [15].

Алгоритм без модели (Model-free) обучается по мере взаимодействия с окружающей средой и наблюдения за ней. Он не требует предварительно построенной и обученной модели. Поэтому model-free алгоритм требует меньше памяти и меньше вычислительных усилий, но ее реализация связана с определенными рисками обеспечения точности, вызванными несоответствием модели внешним условиям, особенно на начальном этапе обучения. Эта особенность model-free алгоритмов делает их перспективными для приложений, которым требуется адаптация посредством непрерывного обучения [15].

Алгоритм обучения сетей оценки и действий включает в себя модуль оценки действий и модуль выбора действий, информация с которых поступает в модификатор (контроллер), который обеспечивает выполнение наиболее эффективных действий на основе проведенной оценки внешней среды. Алгоритмы с подкреплением широко используются для оптимизации управления системами, требующими принятия оперативных решений [21, 27].

Основными алгоритмами контролируемого обучения являются линейная регрессия, нелинейная (логистическая) регрессия, метод опорных векторов, дерево решений, случайный лес, регрессия гауссовского процесса и искусственные нейронные сети.

Линейная регрессия (Linear regression – LR) – это контролируемый алгоритм ML, который определяет связь между зависимой переменной и одной или несколькими независимыми переменными для прогнозирования требуемого результата. Алгоритм анализирует данные с использованием линейной модели и строит линию или поверхность, которая наилучшим образом соответствует имеющимся данным [15]. Используя полученные результаты, можно предсказать будущие значения зависимой переменной на основе значений независимых переменных. Недостатком метода является ограниченность применимости к процессам с нелинейной комбинацией признаков. В исследовании агропродовольственных систем данный подход использовался при прогнозировании производства продукции [51].

Логистическая регрессия (Logistic Regression – LR) – один из важнейших алгоритмов ML для решения задач классификации, который также может использоваться в качестве аппроксиматора данных в искусственных нейронных сетях при оценке соответствия определенному критерию. LR применяется для отнесения наблюдения к одному из двух классов, например «положительное влияние фактора» и «негативное влияние фактора», или к одному из нескольких классов. LR состоит из двух этапов: обучение системы с использованием стохастического градиентного спуска и тестирование системы посредством представления входных данных в соответствие с обозначенными признаками. Главным преимуществом данного алгоритма является его небинарный и нелинейный характер [4]. Используя полученные результаты, можно предсказать класс нового входного наблюдения на основе значений независимых переменных. Применимость метода апробирована при прогнозировании устойчивости землепользования [4].

Метод опорных векторов (Support-vector machine – SVM) представляет собой тип контролируемого ML на основе последовательной числовой оптимизации для обработки BD и решения задач классификации, способный моделировать сложные и не-

линейные процессы. Основная идея SVM заключается в трансформации входных значений в некоторое многомерное пространство, где они могут быть объединены в гиперплоскость (границу принятия решений), которая позволяет классифицировать объекты [27]. Этот алгоритм достаточно эффективен для обнаружения сложных и нелинейных зависимостей. SVM находит применение в агропродовольственном секторе при классификации болезней сельскохозяйственных культур [37], планирования производственных процессов в различных климатических условиях [32] и др.

Еще один тип модели ML для прогнозирования – дерево решений (Regression Tree – RT), относящийся к классу контролируемого обучения, способного решать задачи классификации и регрессии. Деревья решений строятся в виде иерархических структур, где каждый узел представляет собой вопрос о значении определенной переменной [27]. Ответы на эти вопросы определяют, по какому пути следовать по дереву для получения прогноза. Дерево решений является простой моделью со структурой алгоритма визуализации и может эффективно обучать относительно небольшие совокупности данных. Этот тип модели особенно полезен при работе факторами, подверженными влиянию внешних элементов. Дерево решений имеет многочисленные применения при измерении и прогнозировании различных производственных параметров [47].

Случайный лес (Random Forests – RF) – это ансамблевый алгоритм обучения для обнаружения связей внутри набора данных, который используется для классификации переменных и регрессии в задачах анализа и прогнозирования. В основе метода лежит алгоритм разделения совокупности BD на узлы, содержащих схожие элементы. Агрегация данных производится в зависимости от важных значений прогнозируемых переменных, на основе которых определяются точки разделения [36]. Подобные модели позволяют агрегировать результаты прогнозирования от отдельных классификаторов для получения итоговых параметров. ML с использованием случайного леса используется для решения многих важных агропродовольственных задач, включая идентификацию сорных растений [60] и прогнозирование урожайности [58].

Регрессия гауссовского процесса (Gaussian Process Regression – GPR) – это алгоритм контролируемого обучения, основанный на оценке регрессии набора BD, представленных в виде процесса Гаусса. GPR прогнозирует распределение анализируемых значений по тестовыми точками путем вычисления требуемых значений с учётом обучающих данных. В отличие от других методов ML, он позволяет получить точные значения для каждого параметра. Выбирая спецификации среднего и ковариации, можно включить априорные знания о пространственных функциях во время построения модели [52]. Алгоритм формализован для решения задач регрессии и вероятностной классификации, включая прогнозирование производственных показателей и логистических систем [51].

Наиболее перспективными методами МО являются искусственные нейронные сети (Artificial Neural Networks – ANN), которые представляет собой вычислительную систему, схожую по своей структуре с биологической нейронной сетью. Базовой единицей нейронной сети является искусственный нейрон, представляющий собой пороговую систему, которая получает входные сигналы, суммирует их и, если эта сумма превышает некий порог, генерирует выходной сигнал. Нейроны объединяются в слои: входной, скрытый и выходной. Нейроны входного слоя играют роль передачи данных. После активации нейронов скрытого слоя выходные данные из него перетекают в выходной слой согласно соответствующему весу, а нейроны выходного слоя генерируют конечное выходное значение в соответствии с функцией активации. Обучение моделей происходит за счет одного или нескольких скрытых слоев сети, поэтому данный алгоритм часто еще называют глубоким обучением.

В зависимости от того, как данные передаются от входного слоя к выходному, существует несколько основных видов ANN. Классический алгоритм нейронной сети основан на прямой связи – данные обрабатываются в одном направлении, от входного к выходному слою. Это нейронные сети с прямой связью (Feedforward Neural Network – FFNN), отдельные модули которой могут быть собраны в различных взаимосвязанных конфигурациях. Примерами FFNN являются однослойный перцептрон (Single-Layer Perceptron – SLP) и многослойный перцептрон (Multilayer Perceptron – MLP), сети радиальных базисных функций (Radial Basis Functions – RBF). FFNN применяются для решения задач классификации и управления динамическими системами [59].

Одними из наиболее распространенных являются сверточные нейронные сети (Convolutional Neural Networks – CNN). CNN основаны на реализации функций суммирования и фильтрации, называемых свертками. CNN имеет несколько уровней, через которые преобразуется визуально-пространственное представление изображения в семантическое [42]. Данный вид ANN чаще всего используется для решения задач классификации изображений и звука, показывая высокие результаты в обработке изображений и речевых приложениях.

Перспективной для прогнозирования технологией являются искусственные нейронные сети с алгоритмом обратного распространения (Feed-Backward Neural Network – FBNN), основанные не только на передаче информации на следующий слой, но и возможности возврата на предыдущие модули и слои, что позволяет повторно использовать вычислительные ресурсы сети для компенсации каждой ошибки, обнаруженной во время обучения. В результате FBNN могут выполнять более сложные вычисления в сравнении с FFNN [2].

Одним из видов FBNN являются рекуррентные нейронные сети (Recurrent Neural Network – RNN). В RNN информационные сигналы имеют возможность распространяться циклически, как в биологических системах. Это способствует сохранению информации при перемещении ее между слоями сети, что позволяет решать широкий круг задач, связанных с машинным обучением [2]. Примерами RNN являются сети с долговременной и кратковременной памятью (Long Short-Term Memory – LSTM) и на основе управляемых рекуррентных блоков (Gated Recurrent Units – GRU).

Областью применения и экспериментирования ANN в большинстве случаев становится прогнозирование урожайности, инфляции, цен и доходов, анализ состояния земель (см. табл.).

В целом применение ML на основе ANN в прогнозировании параметров агропродовольственных систем преимущественно основано на реализации контролируемого обучения. В некоторых случаях, связанных с принятием решений, архитектура ANN строится с подключением модулей обучения с подкреплением, хотя также имеется опыт реализации неконтролируемого обучения для решения задач кластеризации, связанных с прогнозированием урожайности.

Преимуществом ML на основе ANN является способность к абстракции признаков и обнаружению очень сложных взаимодействий между ними, что приводит к максимальной производительности во многих приложениях. В отличие от ANN многие другие распространенные модели ML, такие как методы на основе деревьев или машины опорных векторов, являются достаточно поверхностными с точки зрения ограниченной способности к абстракции признаков, и более того, некоторые из них (линейная регрессия, метод опорных векторов) предназначены для анализа линейных зависимостей.

Технологии и области применения ML на основе ANN
в прогнозировании параметров агропродовольственных систем

Авторы, год исследований	Технология ANN	Область применения	Способ ML
Kuschewski J.G., Žak S.H., Hui S., 1993 г. [43]	FFNN	Идентификация параметров и управление динамическими системами	Контролируемое
Šťastný J., Konečný V., Trenz O., 2011 г. [54]	MLP	Прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур	Контролируемое
Sabri I., Bahia H., 2013 г. [49]	FFNN с алгоритмом обратного распространения (BPA)	Прогнозирование доходов	Контролируемое
Gupta S., Kashyap S., 2015 г. [31]	RNN	Прогнозирование инфляции	Контролируемое
Göçken M., Özçalici M., Boru A., Dosdoğru A.T., 2016 г. [30]	ANN с механизмом оптимизации поиска адаптивной информации GA	Прогнозирование котировок акций на фондовом рынке	Контролируемое
Ansari A., Riasi A., 2016 г. [16]	LR + MLP	Маркетинговое исследование и моделирование лояльности клиентов	Контролируемое
Deng Y., Bao F., Kong Y., et al., 2017 г. [21]	RNN с модулем обучения с подкреплением RL	Принятие решений на товарном и фьючерсном рынках	Контролируемое + обучение с подкреплением
Pandey A., Mishra A., 2017 г. [48]	Обобщенно-регрессионная (GRNN) с радиальными базисными функциями (RBFNN)	Прогнозирование урожайности	Контролируемое
Elavarasan D. Vincent P.M.D., 2020 г. [28]	RNN с модулем обучения Q-Learning	Прогнозирование урожайности	Контролируемое + обучение с подкреплением
Hasan A.M., Soheli F., Diepeveen D. et al., 2021 г. [33]	CNN	Обнаружение сорняков на снимках сельскохозяйственных культур	Контролируемое
Рогачев А.Ф., Белоусов И.С., 2022 г. [8]	CNN	Выявление проблемных участков состояния посевов	Контролируемое
Семкин А.Г., Воронин Е.А., 2022 г. [9]	RNN	Идентификация развития и функционирования сельскохозяйственных макрорегионов	Контролируемое
Бисочков Р.М., 2022 г. [1]	MLP, RBFNN, GRNN	Прогноз урожайности сельскохозяйственных культур	Контролируемое
Dubovitski A., Klimentova E., Rogov M., 2022 г. [24]	LSTM + GRU	Прогнозирование цен на агропродовольственном рынке	Контролируемое
Domingo L., Grande M., Borondo F., Borondo J., 2023 г. [22]	RNN с оценкой «эхосостояния» RC	Прогнозирование кризисов цен на продовольствие с помощью резервуарных вычислений	Контролируемое
Скворцов Е.А., Ялунина Е.Н., Гусев А.С., 2023 г. [10]	CNN с системой нечеткого вывода ANFIS	Анализ финансово-экономических показателей развития сельского хозяйства	Контролируемое
Грачев А.В., 2023 г. [3]	MLP	Прогнозирование состояния работы объектов предприятий АПК	Контролируемое
Zhang W., Wu J., Wang S., Zhang Y., 2025 г. [62]	Гиперграфовая ANN	Выявление влияния колебаний цен на нефть на цены сельскохозяйственных фьючерсов	Контролируемое

Источник: составлено авторами по результатам проведенного исследования.

Следует отметить, что проведенная классификация подходов к реализации ML характеризуются определенной условностью, поскольку могут возникнуть споры о применимости отдельных алгоритмов в рамках рассмотренных способов. Многие алгоритмы меняются с течением времени, разрабатываются новые, а также обосновываются гибридные подходы на основе объединения уже существующих.

Например, ANN в основном известны своими возможностями контролируемого обучения, но они также могут быть использованы для приложений неконтролируемого обучения. Причем их использование для этих целей обеспечивает более производительный инструмент решения задач кластеризации по сравнению с традиционными методами, но требует более сложного алгоритма. Сигмовидная функция, которая формирует возможности обучения сети с использованием градиентного спуска, задает ключевой алгоритм пороговой системы активации нейрона в ANN. В то же время данный подход может использоваться как отдельный метод ML для решения задач классификации на основе логистической регрессии. Кроме того, как и ANN, для неконтролируемых приложений также можно использовать метод SVM. Благодаря своим вычислительным возможностям классификации SVM подходят для кластеров со сложными нелинейными границами.

Разнообразие методов прогнозирования, с одной стороны, затрудняет их выбор, с другой – обеспечивает возможность формирования рациональной структуры их использования в зависимости от поставленных целей и условий прогнозирования.

Преимущества использования формализованных методов, лежащих в основе традиционных систем прогнозирования, базируются на большом накопленном опыте применения и состоят в высокой интерпретируемости моделей, понимании причинно-следственных связей между исходными данными и результатом прогнозирования, высокой контролируемости самого процесса, относительно низкой потребности в вычислительных ресурсах и материально-денежных затратах.

Обратную сторону отмеченных преимуществ формируют недостатки традиционных методов прогнозирования в сравнении с методами машинного обучения. Среди них следует отметить определенно более низкую достоверность и точность прогнозов, возможность интерпретации только процессов, характеризующихся линейным распределением данных, отличающихся низкой изменчивостью и отсутствием факторов экономической и геополитической неопределенности.

Главным положительным аспектом ML является возможность анализировать большой объем данных за меньшее время и с большей точностью. Безусловным преимуществом является способность к моделированию как линейных, так и нелинейных процессов в условиях высокой экономической неопределенности и ограниченной доступности данных, а также возможность анализа крупномасштабных систем.

ML является гибким инструментом управления агропродовольственными системами, прежде всего с точки зрения повышения их предсказуемости на основе более точного прогнозирования. Оптимальный подход к прогнозированию параметров агропродовольственных систем видится на основе интеграции методов ML в традиционную систему, сложившуюся и функционирующую в экономических субъектах в течение уже продолжительного времени.

В процессе организации прогностической деятельности одновременно могут использоваться как традиционные методы, так и методы на основе машинного обучения. Одним из важных элементов в процессе функционирования системы прогнозирования является выбор модели, которая наилучшим образом справится с поставленной задачей в соответствии с принципами исследований социально-экономических систем и реализации процесса прогнозирования, в т. ч. достоверности, точности, определенности, экономической целесообразности и др. [5].

Процесс сравнения и выбора технологии прогнозирования может быть построен на оценке моделей с технической и экономической точек зрения. При оценке технической составляющей могут использоваться различные метрики оценки производительности при решении поставленных задач. Для задач классификации основными из них являются:

- чувствительность (доля истинно положительных результатов) – отражает долю положительных результатов, которые правильно идентифицированы как таковые;
- специфичность (доля истинно отрицательных результатов) – характеризует долю отрицательных результатов, которые правильно идентифицированы как таковые;
- точность – наиболее распространенная метрика, которая показывает, насколько точно модель предсказывает правильный результат на тестовых данных, определяется как отношение чувствительности к специфичности;
- ROC-кривая – метрика, позволяющая оценить производительность модели при различных порогах путем сопоставления ложно положительных и истинно положительных оценок прогноза.

Для задач регрессии:

- дисперсия (коэффициент детерминации) – измеряет долю изменчивости в прогнозах, объясненную набором данных – чем она выше, тем лучше;
- стандартная ошибка – показывает степень отклонения значений, полученных с помощью регрессии, от фактически наблюдаемых, чем меньше стандартная ошибка, тем достовернее модель соответствует фактическим значениям;
- *t*-статистика – характеризует статистическую значимость найденных числовых значений модели, определяется как отношение коэффициента регрессии к его стандартной ошибке;
- *p*-значение – показывает вероятность того, что наблюдаемая разница в результатах могла быть случайной, достоверность исследования требует обеспечения *p*-значения как правило на уровне не выше 0,05.

Использование этих и других специфичных для различных методов прогнозирования оценок позволяет сравнить точность и достоверность их использования и сделать соответствующий выбор в пользу некоторых из них.

Однако в конечном итоге решение об использовании того или иного метода принимается с учетом экономической целесообразности на основе сравнения возможных эффектов от прогнозирования с использованием выбранного метода с затратами на его осуществление. Затраты формируются на всех этапах прогнозирования параметров агропродовольственных систем, включая:

- 1) получение доступа к источникам данных;
- 2) сбор данных, отражающих характеристики, которые могут быть прямо или косвенно связаны с прогнозируемым параметром;
- 3) проведение предобработки данных, поиска аномалий и снижение размерности;
- 4) формирование базы данных факторных признаков и выбор результативного признака;
- 5) построение, обучение (при необходимости) и оценка производительности рабочей модели;
- 6) компиляция и интерпретация результатов прогнозирования, интеграция их в базу данных;
- 7) обеспечение доступности и наглядности результатов работы алгоритма.

Первый вид затрат, связанный с получением доступа к базам данных, как правило, является внешним по отношению к экономическим субъектам агропродовольственных систем. Необходимая информация может быть получена на коммерческой основе у организаций, специализирующихся на сборе и анализе данных (маркетинговые компании), и организаций, где эта функция сопряжена с основным видом деятельности (товарно-

сырьевые и фондовые биржи, логистические центры, различные маркет-плейсы и др.). При оплате неисключительных прав на доступ к базам данных затраты учитываются как авансовая дебиторская задолженность и отражаются ежемесячно по статье «Общехозяйственные расходы» до окончания срока действия договорных обязательств. Величина подобных издержек сопоставима и, возможно, постоянна при использовании различных методов прогнозирования, за тем лишь исключением, что в процессе реализации ML на основе ANN, как правило, используется больший объем информации, требующий соответственно и более высоких затрат на ее получение.

Реализация этапов прогнозирования со второго по седьмой в организациях агропродовольственного сектора может осуществляться двумя путями. Первый предполагает привлечение на договорной основе сторонних исполнителей. Решение этой задачи предлагается многими коммерческими организациями, включая бывшее подразделение Сбера – ООО «СберБизнесСофт». Этот вариант подразумевает заключение договора оказания услуг, оплату по которому, если он действует несколько месяцев, как авансовую дебиторскую задолженность по итогу также учитывают в составе управленческих (общехозяйственных) расходов. Он требует немалых финансовых затрат при индивидуальном подходе к осуществлению прогнозирования, что доступно лишь крупным компаниям.

Второй вариант предполагает наличие необходимого оборудования и собственного персонала, способного самостоятельно аккумулировать и анализировать данные, осуществлять построение моделей машинного обучения. Здесь не предусматривается существенного роста затрат, но предполагается наличие необходимых навыков сбора и обработки информации у сотрудников организации. Затраты осуществляются за счет средств организации, которые, согласно Плану счетов, отражаются в составе общехозяйственных расходов, и их общая величина не выходит за рамки издержек прошлых лет.

Эффекты прогнозирования формируются за счет предвидения и возможных корректировок производственно-финансовой деятельности, включая:

1) предвидение событий и трендов. Предвидение изменения спроса, конкурентной среды и других рыночных факторов помогает оптимизировать производственную программу и максимизировать объем продаж;

2) планирование и формирование бюджета. Прогнозы служат основанием для эффективного распределения ресурсов и финансового планирования с целью производства и реализации максимально возможного объема продукции;

3) управление рисками. Составление прогнозов помогает идентифицировать потенциальные риски, с которыми может столкнуться организация, что, в свою очередь, позволяет грамотно адаптироваться к неблагоприятному развитию событий и обеспечить стабильность бизнес-процессов;

4) принятие решений. Прогнозы предоставляют информацию, необходимую для принятия взвешенных управленческих решений в различных областях ведения бизнеса, включая производство, маркетинг, финансы и управление персоналом;

5) снижение затрат. Имея представление о будущих трендах, компания может оптимизировать использование ресурсов, например удобрений, семян, рабочей силы и уменьшить издержки.

Общий эффект прогнозирования идентифицируется как совокупность возможного прироста выручки от продаж и экономии затрат за счет принятия обоснованных решений на основе улучшения представлений о будущем развитии событий. Разница между эффектом и затратами определяет прибыль от осуществления прогнозирования, а отношение эффекта к затратам – уровень рентабельности данного процесса. Критериями эффективности в данном случае будут служить положительная величина прибыли и приемлемый уровень отраслевой рентабельности.

При этом затраты ни в коем случае не должны превышать эффекты совершенствования функционирования агропродовольственных систем на основе определенного повышения предсказуемости. С учетом этого в малом бизнесе будет, скорее всего, целесообразно использовать традиционные методы прогнозирования, в крупных агропромышленных формированиях – методы с использованием машинного обучения. Здесь даже прирост выручки в несколько процентов позволит многократно окупить затраты на организацию прогнозирования с использованием машинного обучения.

Процедура машинного обучения, включая подготовку данных для обучения, оценку и выбор модели, регуляризацию и предотвращение переобучения, может быть реализована на облачных серверах, где виртуальные машины работают с графическими видеокартами. Обзор платформ глубокого обучения с открытым исходным кодом позволяет составить список наиболее приемлемых и доступных из них.

Apache MXNet – платформа глубокого обучения с открытым исходным кодом, подходящая для создания и проведения исследовательских проектов в области компьютерного зрения, обработки речи, временных рядов и многого другого. Исходный код поддерживает MacOS, Linux, Windows, Cloud Devices. Обеспечивает возможность реализации как императивного, так и символьного программирования на 8 языковых привязках, включая Python, Scala, Julia, C++ и др. Проект инициирован в середине 2015 года, а с сентября 2023 г. реализуется в проекте Attic, управляемом Apache Attic Committee. В 2024 г. была выпущена версия 1.9.1 [17].

Фреймворк глубокого обучения *Caffe*, первоначально разработанный в 2014 г. Berkeley AI Research (BAIR) в Калифорнийском университете для обеспечения исследовательской архитектурой проектов глубокого обучения. Представляет собой достаточно простую модульную структуру, готовую к построению сетей с максимальными возможностями масштабирования для обучения и развертывания. Исходный код, основанный на оригинальной библиотеке C++ и CUDA, дополнительно реализуется в Python API и MATLAB, поддерживает Mac OS, Windows, Linux, iOS, Android и другие платформы для сборки. Позднее с запуском Caffe2 был дополнительно расширен функционал за счет поддержки крупномасштабного обучения, обеспечения большей гибкости и стресс-тестирования с использованием приложений Facebook. Здесь обеспечиваются возможности построения своих рекуррентных нейронных сетей на основе сетей LSTM. В настоящее время фреймворк Caffe2 объединен с проектом PyTorch, хотя предыдущие генерации все еще продолжают работать [18, 19].

Производительная платформа глубокого обучения с открытым исходным кодом *Deep Learning 4J (DL4J)*, созданная Skymin, позволяющая обучать модели из Java, взаимодействуя с экосистемой Python и C++. DL4J предназначен как для коммерческого, так и некоммерческого использования. Реализация возможна в операционной среде Linux, Windows, Mac OS, Android. Варианты использования включают не только набор инструментов для запуска глубокого обучения, но и импорта моделей из других платформ ML (PyTorch, Tensorflow, Keras), предполагающих их развертывание и переобучение. Платформа содержит также возможности реализации многих других алгоритмов, включая рекурсивные нейронные сети, которые могут быть созданы на платформе или импортированы извне [26].

Фреймворковый API глубокого обучения *Keras*, подходящий для построения сетей на основе Python и интегрируемый с TensorFlow, и PyTorch. Преимущество современной версии Keras3 состоит в способности обеспечивать быстрое создание прототипа системы ML с удобным, модульным и расширяемым интерфейсом. Keras3 работает на центральных и графических процессорах, поддерживает CNN и RNN и может интегрировать другие

распространенные пакеты машинного обучения. Любая модель Keras3 может быть инициализирована как модуль PyTorch или экспортирована как модель TensorFlow. Это означает возможность использования моделей Keras с пакетами экосистемы PyTorch, с полным набором инструментов развертывания и реализации TensorFlow (таких как TF-Serving, TF.js и TFLite), а также с крупномасштабной инфраструктурой обучения TPU JAX [34, 40].

Microsoft Cognitive Toolkit (CNTK) – набор инструментов с открытым исходным кодом для коммерческого использования глубокого обучения. Он описывает нейронные сети как ряд вычислительных шагов через направленный граф. CNTK позволяет пользователю легко реализовывать и комбинировать популярные типы моделей, такие как прямые нейронные сети (FFNN), сверточные нейронные сети (CNN) и рекуррентные нейронные сети (RNN/LSTM). CNTK реализует обучение методом стохастического градиентного спуска с автоматической дифференциацией и распараллеливанием на нескольких графических процессорах и серверах. CNTK может быть включен в качестве библиотеки в программы на Python, C# и C++ или использоваться как автономный инструмент с собственным языком сценариев BrainScript. Он также может осуществлять передачу данных между другими платформами глубокого обучения (Caffe2, PyTorch). CNTK поддерживает 64-битные операционные системы Linux и Windows. Для сборки можно выбрать предварительно скомпилированные бинарные пакеты или составить набор инструментов из исходного кода, предоставленного в GitHub [34, 57].

Относительно новым предложением в области технологий глубокого обучения является *TensorFlow*. Данное приложение первоначально было разработано и предложено Google в 2015 году. Он включает в себя API Java, C++, Go и Python и предназначен для анализа данных и прогнозирования с помощью графовых нейронных сетей. Здесь возможна обработка сложных, взаимосвязанных объектов, что делает его высокопроизводительным методом прогнозирования потоков, динамики финансовых показателей и многого другого. TensorFlow поддерживает вычисления на нескольких центральных графических процессорах с использованием дополнительного CUDA и расширения SYCL. Для мобильного ML разработан TensorFlow Lite, предоставляющий API для нейронных сетей Android, хотя максимальную производительность он все-таки демонстрирует в многопоточных серверных реализациях [34, 56].

Условием использования этих платформ экономическими субъектами агропродовольственной системы является развертывание микросервисной облачной инфраструктуры. Сервисы должны обладать интерфейсом прикладного программирования (API), например в виде gRPC с протоколом http/2.0.

Заключение

Путей использования ML в прогнозировании агропродовольственного сектора достаточно много. Основным их преимуществом является обеспечение значительных возможностей моделирования сложных систем с нелинейной формой распределения данных, представляемых многомерным или одномерным векторным пространством, особенно когда число сценариев принятия решений достаточно велико.

Наиболее перспективными методами ML являются искусственные нейронные сети, объединяющие огромное количество применяемых алгоритмов.

Оптимальный подход к совершенствованию прогнозирования видится на основе интеграции методов ML в традиционную систему, сложившуюся и применяемую экономическими субъектами в течение уже продолжительного времени. Этот комплексный подход к прогнозированию расширяет возможности участников агропродовольственных экономических систем, позволяя оценивать риски, принимать решения, разрабатывать стратегии и более эффективно противостоять вызовам неопределенности.

Список источников

1. Бисчоков Р.М. Анализ, моделирование и прогноз урожайности сельскохозяйственных культур средствами искусственных нейронных сетей // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2022. Т. 17, № 2. С. 146–157. DOI: 10.22363/2312-797X-2022-17-2-146-157.
2. Вакуленко С.А., Жихарева А.А. Практический курс по нейронным сетям: учебное пособие. Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2018. 71 с.
3. Грачев А.В. Применение нейросетевых технологий для прогнозирования состояния работы объектов предприятий АПК // Техника и технология пищевых производств. 2023. Т. 53, № 4. С. 816–823. DOI: 10.21603/2074-9414-2023-4-2481.
4. Дубовицкий А.А., Климентова Э.А. Анализ факторов, определяющих величину экологического воздействия сельскохозяйственного производства на земельные ресурсы // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 03. С. 381–391. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-03-381-391.
5. Дубовицкий А.А., Климентова Э.А., Фецович И.В. Методологические аспекты использования искусственных нейронных сетей в прогнозировании агропродовольственных экономических систем // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2024. № 12(118). С. 126–137. DOI: 10.33938/2412-126.
6. Косинский П.Д., Чупрякова А.Г., Меркурьев В.В. и др. Влияние причинно-следственных связей между экологическими и социальными рисками на развитие сельских территорий региона // АПК: экономика, управление. 2023. № 4. С. 82–88. DOI: 10.33305/234-82.
7. Полянская Н.М., Найданова Э.Б., Барлуков А.М. и др. Агропродовольственная система региона: сущность, структура и социально-экономическое значение // Экономический вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления. 2024. № 1(17). С. 22–31.
8. Рогачев А.Ф., Белоусов И.С. Нейросетевое выявление проблемных участков состояния посевов методами искусственного интеллекта // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 3(67). С. 459–466. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-52.
9. Семкин А.Г., Воронин Е.А. Концептуальная идентификация сельскохозяйственного макрорегиона как объекта управления пространственным развитием производства методами машинного обучения в информационном пространстве цифровой экономики // Экономика сельского хозяйства России. 2022. № 2. С. 62–68. DOI: 10.32651/222-62.
10. Сковрцов Е.А., Ялунина Е.Н., Гусев А.С. Анализ финансово-экономических показателей развития сельского хозяйства с применением систем искусственного интеллекта // Экономика сельского хозяйства России. 2023. № 11. С. 80–86. DOI: 10.32651/2311-80.
11. Смагин Б.И. Эффективность и оптимизация функционирования аграрной сферы производства // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2019. № 4(59). С. 141–147.
12. Сушкова С.Н., Сушкова Т.Ю. Эволюция территориальных социально-экономических систем в агропродовольственной сфере Ульяновской области // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 1(21). С. 173–177.
13. Шагайда Н. Агропродовольственный сектор // Экономическое развитие России. 2016. № 6. С. 40–45.
14. Шанина Е.Н. Экономические предпосылки и система организации межтерриториальной интеграции агропродовольственной сферы // Белгородский экономический вестник. 2014. № 2(74). С. 36–43.
15. Aliramezani M., Koch C., Shahbakhti M. Modeling, diagnostics, optimization, and control of internal combustion engines via modern machine learning techniques: A review and future directions // Progress in Energy and Combustion Science. 2022. Vol. 88. Article No. 100967. DOI: 10.1016/j.pecs.2021.100967.
16. Ansari A., Riasi A. Modelling and evaluating customer loyalty using neural networks: Evidence from startup insurance companies // Future Business Journal. 2016. Vol. 2(1). Pp. 15–30. DOI: 10.1016/j.fbj.2016.04.001.
17. Apache MXNet Website: A Flexible and Efficient Library for Deep Learning. A truly open source deep learning framework suited for flexible research prototyping and production. URL: <https://mxnet.apache.org/versions/1.9.1/>.
18. Caffe Website. Deep learning framework by BAIR. URL: <http://caffe.berkeleyvision.org/>.
19. Caffe2 Website. Deep Learning Framework. URL: <https://caffe2.ai/>.
20. Chen Y., Tan P., Li M. et al. K-means clustering method based on nearest-neighbor density matrix for customer electricity behavior analysis // International Journal of Electrical Power & Energy Systems. 2024. Vol. 161. Article No. 110165. DOI: 10.1016/j.ijepes.2024.110165.
21. Deng Y., Bao F., Kong Y. et al. Deep Direct Reinforcement Learning for Financial Signal Representation and Trading // IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems. 2017. Vol. 28(3). Pp. 653–664. DOI: 10.1109/TNNLS.2016.2522401.
22. Domingo L., Grande M., Borondo F. et al. Anticipating food price crises by reservoir computing // Chaos, Solitons & Fractals. 2023. Vol. 174. Article No. 113854. DOI: 10.1016/j.chaos.2023.113854.
23. Dong X., Xie K. Temporal shifts in safety states through the COVID-19 pandemic: Insights from hidden semi-Markov models // Accident Analysis & Prevention. 2025. Vol. 211. Article No. 107875. DOI: 10.1016/j.aap.2024.107875.
24. Dubovitski A., Klimentova E., Rogov M. Applicability of machine learning models using a neural network for predicting the parameters of the development of food markets // Journal of Process Management and New Technologies. 2022. Vol. 10(3-4). Pp. 93–105. DOI: 10.5937/jouproman2203093d.
25. Dubovitski A.A., Konovalova M.E., Strelnikova T.D. et al. Assessment of the impact of climate risks on agriculture in the context of global warming // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Michurinsk, 2021. Article No. 012145. DOI: 10.1088/1755-1315/845/1/012145.

26. Eclipse DeepLearning4J Website. URL: <https://deeplearning4j.org/>.
27. Elavarasan D., Vincent D.R., Sharma V. et al. Forecasting yield by integrating agrarian factors and machine learning models: A survey // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2018. Vol. 155. Pp. 257–282. DOI: 10.1016/j.compag.2018.10.024.
28. Elavarasan D., Vincent D.R. Crop Yield Prediction Using Deep Reinforcement Learning Model for Sustainable Agrarian Applications // *IEEE Access*. 2020. Vol. 8. Pp. 86886–86901. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2992480.
29. FAO Website. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Publications & Statistics. URL: <https://www.fao.org/agrifood-economics/publications/detail/ru/c/1675930/>.
30. Göçken M., Özçalici M., Boru A. et al. Integrating metaheuristics and Artificial Neural Networks for improved stock price prediction // *Expert Systems with Applications*. 2016. Vol. 44. Pp. 320–331. DOI: 10.1016/j.eswa.2015.09.029.
31. Gupta S., Kashyap S. Forecasting inflation in G-7 countries: An application of artificial neural network // *Foresight*. 2015. Vol. 17(1). Pp. 63–73. DOI: 10.1108/FS-09-2013-0045.
32. Guzmán S.M., Paz J.O., Tagert M.L.M. et al. An integrated SVR and crop model to estimate the impacts of irrigation on daily groundwater levels // *Agricultural systems*. 2018. Vol. 159. Pp. 248–259. DOI: 10.1016/j.agsy.2017.01.017.
33. Hasan A.M., Sohel F., Diepeveen D. et al. A survey of deep learning techniques for weed detection from images // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2021. Vol. 184. Article No. 106067. DOI: 10.1016/j.compag.2021.106067.
34. Hatcher W.G., Yu W. A Survey of Deep Learning: Platforms, Applications and Emerging Research Trends // *IEEE Access*. 2018. Vol. 6. Pp. 24411–24432. DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2830661.
35. Haynes P., Alemna D. A systematic literature review of the impact of complexity theory on applied economics // *Economies*. 2022. Vol. 10(8). Article No. 192. DOI: 10.3390/economies10080192.
36. Herold N., Ekström M., Kala J. et al. Australian climate extremes in the 21st century according to a regional climate model ensemble: Implications for health and agriculture // *Weather and Climate Extremes*. 2018. Vol. 20. Pp. 54–68. DOI: 10.1016/j.wace.2018.01.001.
37. Huang T., Yang R., Huang W. et al. Detecting sugarcane borer diseases using support vector machine // *Information Processing in Agriculture*. 2018. Vol. 5(1). Pp. 74–82. DOI: 10.1016/j.inpa.2017.11.001.
38. Karpunina E.K., Kosorukova I.V., Dubovitski A.A. et al. State policy of transition to Society 5.0: Identification and assessment of digitalisation risks // *International Journal of Public Law and Policy*. 2021. Vol. 7(4). Pp. 334–350. DOI: 10.1504/IJPLAP.2021.118895.
39. Karpunina E.K., Lapushinskaya G.K., Arutyunova A.E. et al. Dialectics of Sustainable Development of Digital Economy Ecosystem // *Scientific and Technical Revolution: Yesterday, Today and Tomorrow*. Krasnoyarsk: Springer. 2020. Vol. 129. Pp. 486–496. DOI: 10.1007/978-3-030-47945-9_54.
40. Keras Website. Keras 3 is a multi-framework deep learning API. URL: <https://keras.io/>.
41. Klimentova E.A., Dubovitsky A.A., Yurina E.A. et al. Regional features of rural unemployment in Russia // *Economics of Agriculture*. 2021. Vol. 68(2). Pp. 357–374. DOI: 10.5937/ekoPolj2102357K.
42. Kriegeskorte N., Golan T. Neural network models and deep learning // *Current Biology*. 2019. Vol. 29(7). Pp. 231–236. DOI: 10.1016/j.cub.2019.02.034.
43. Kuschewski J.G., Žak S.H., Hui S. Application of Feedforward Neural Networks to Dynamical System Identification and Control // *IEEE Transactions on Control Systems Technology*. 1993. Vol. 1(1). Pp. 37–49. DOI: 10.1109/87.221350.
44. Likas A., Vlassis N., Verbeek J.J. The global *k*-means clustering algorithm // *Pattern Recognition*. 2003. Vol. 36(2). Pp. 451–461. DOI: 10.1016/S0031-3203(02)00060-2.
45. Ma Y., Zhou M., Li S. Weathering market swings: Does climate risk matter for agricultural commodity price predictability? // *Journal of Commodity Markets*. 2024. Vol. 36. Article No. 100423. DOI: 10.1016/j.jcomm.2024.100423.
46. Mitter H., Techen A.-K., Sinabell F. et al. Shared Socio-economic Pathways for European agriculture and food systems: The Eur-Agri-SSPs // *Global Environmental Change*. 2020. Vol. 65. Article No. 102159. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2020.102159.
47. Neto R.J., Souza Z.M., Medeiros Oliveira et al. Use of the decision tree technique to estimate sugarcane productivity under edaphoclimatic conditions // *Sugar Tech*. 2017. Vol. 19. Pp. 662–668. DOI: 10.1007/s12355-017-0509-7.
48. Pandey A., Mishra A. Application of artificial neural networks in yield prediction of potato crop // *Russian Agricultural Sciences*. 2017. Vol. 43(3). Pp. 266–272. DOI: 10.3103/S1068367417030028.
49. Sabri I., Bahia H. Using Artificial Neural Network Modeling in Forecasting Revenue: Case Study in National Insurance Company/Iraq // *International Journal of Intelligence Science*. 2013. Vol. 3. Pp. 136–143. DOI: 10.4236/ijis.2013.33015.
50. Scrivano S., Tolio T., Markov A. Chain model for the performance evaluation of manufacturing lines with general processing times // *Procedia CIRP*. 2021. Vol. 103. Pp. 20–25. DOI: 10.1016/j.procir.2021.10.002.
51. Singh B., Jana A.K. Forecast of agri-residues generation from rice, wheat and oilseed crops in India using machine learning techniques: Exploring strategies for sustainable smart management // *Environmental Research*. 2024. Vol. 245. Article No. 117993. DOI: 10.1016/j.envres.2023.117993.
52. Smola A.J., Schölkopf B. A tutorial on support vector regression // *Statistics and Computing*. 2004. Vol. 14. Pp. 199–222. DOI: 10.1023/B:STCO.0000035301.49549.88.
53. Sousa J., Henriques R. Intersecting reinforcement learning and deep factor methods for optimizing locality and globality in forecasting: A review // *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 2024. Vol. 133. Part B. Article No. 108082. DOI: 10.1016/j.engappai.2024.108082.

54. Štastný J., Konečný V., Trenz O. Agricultural data prediction by means of neural network // *Agricultural Economics (Czech Republic)*. 2011. Vol. 57(7). Pp. 356–361. DOI: 10.17221/108/2011-AGRICECON.
55. Tamasiga P., Ouassou E.H., Onyeaka H. et al. Forecasting disruptions in global food value chains to tackle food insecurity: The role of AI and big data analytics – A bibliometric and scientometric analysis // *Journal of Agriculture and Food Research*. 2023. Vol. 14. Article No. 100819. DOI: 10.1016/j.jafr.2023.100819.
56. TensorFlow Website. A comprehensive platform for machine learning. URL: <https://www.tensorflow.org/?hl=ru>.
57. The Future is Yours Website. Getting Started with the Microsoft Cognitive Toolkit. URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/cognitive-toolkit/>.
58. Tulbure M.G., Wimberly M.C., Boe A. et al. Climatic and genetic controls of yields of Switchgrass, a model bioenergy species // *Agriculture Ecosystems and Environment*. 2012. Vol. 146(1). Pp. 121–129. DOI: 10.1016/j.agee.2011.10.017.
59. Xiang K., Li B.N., Zhang L. et al. Regularized Taylor echo state networks for predictive control of partially observed systems // *IEEE Access*. 2016. Vol. 4. Pp. 3300–3309. DOI: 10.1109/ACCESS.2016.2582478.
60. Yano I.H., Alves J.R., Santiago W.E. et al. Identification of weeds in sugarcane fields through images taken by UAV and Random Forest classifier // *IFAC-Papers OnLine*. 2016. Vol. 49(16). Pp. 415–420. DOI: 10.1016/j.ifacol.2016.10.076.
61. Zhan J., Cai M. A cost-minimized two-stage three-way dynamic consensus mechanism for social network-large scale group decision-making: Utilizing K-nearest neighbors for incomplete fuzzy preference relations // *Expert Systems with Applications*. 2025. Vol. 263. Article No. 125705. DOI: 10.1016/j.eswa.2024.125705.
62. Zhang W., Wu J., Wang S., Zhang Y. Examining dynamics: Unraveling the impact of oil price fluctuations on forecasting agricultural futures prices // *International Review of Financial Analysis*. 2025. Vol. 97. Article No. 103770. DOI: 10.1016/j.irfa.2024.103770.

References

1. Bischokov R.M. Analysis, modeling and forecasting of crop yields using neural networks. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2022;17(2):146-157. DOI: 10.22363/2312-797X-2022-17-2-146-157. (In Russ.).
2. Vakulenko S.A., Zhikhareva A.A. Practical course on neural networks: study guide. St. Petersburg: Information Technologies, Mechanics and Optics University Publishers; 2018. 71 p. (In Russ.).
3. Grachev A.V. Neural network technologies in predicting the operating status of agricultural enterprises. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2023;53(4):816-823. DOI: 10.21603/2074-9414-2023-4-2481. (In Russ.).
4. Dubovitskiy A.A., Klimentova E.A. Analysis of factors determining the magnitude of the environmental impact of agricultural production on land resources. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024;24(03):381-391. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-03-381-391. (In Russ.).
5. Dubovitskiy A.A., Klimentova E.A., Fetskovich I.V. Methodological aspects of the use of artificial neural networks in forecasting agri-food economic systems. *Economy, labor, management in agriculture*. 2024;12(118): 126-137. (In Russ.).
6. Kosinskiy P.D., Chupriakova A.G., Merkurev V.V. et al. Impact of causal relationships between environmental and social risks on the development of rural areas of the region. *AIC: economics, management*. 2023;4:82-88. DOI: 10.33305/234-82. (In Russ.).
7. Polyanskaya N.M., Naydanova E.B., Barlukov A.M. et al. Agrifood system of the region: essence, structure and social & economic significance. *East Siberia State University of Technology and Management Economic Bulletin*. 2024;1(17):22-31. (In Russ.).
8. Rogachev A.F., Belousov I.S. Neural network identification of problem areas of the state of crops by methods of artificial intelligence. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2022;3(67):459-466. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-52. (In Russ.).
9. Semkin A.G., Voronin E.A. Conceptual identification of the agricultural macroregion as an object of control of spatial development of production by Machine Learning methods in the information space of the digital economy. *Economics of Agriculture of Russia*. 2022;2:62-68. DOI: 10.32651/222-62. (In Russ.).
10. Skvortsov E.A., Ialunina E.N., Gusev A.S. Analysis of financial and economic indicators of agricultural development using artificial intelligence systems. *Economics of Agriculture of Russia*. 2023;11:80-86. DOI: 10.32651/2311-80. (In Russ.).
11. Smagin B.I. Efficiency and optimization of the functioning of agrarian sphere of production. *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2019;4(59):141-147. (In Russ.).
12. Sushkova S.N., Sushkova T.Y. Evolution of territorial social-economic systems in the agricultural sector of Ulyanovsk region. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2013;1(21):173-177. (In Russ.).
13. Shagayda N. Russia's agri-food sector. *Russian Economic Developments*. 2016;6:40-45. (In Russ.).
14. Shanina E.N. Economic prerequisites and the system of organization of inter-territorial integration of agrifood sector. *Belgorod Economic Bulletin*. 2014;2(74):36-43. (In Russ.).
15. Aliramezani M., Koch C., Shahbakhti M. Modeling, diagnostics, optimization, and control of internal combustion engines via modern machine learning techniques: A review and future directions. *Progress in Energy and Combustion Science*. 2022;88:100967. DOI: 10.1016/j.pecs.2021.100967.
16. Ansari A., Riase A. Modelling and evaluating customer loyalty using neural networks: Evidence from startup insurance companies. *Future Business Journal*. 2016;2(1):15-30. DOI: 10.1016/j.fbj.2016.04.001.

17. Apache MXNet Website: A Flexible and Efficient Library for Deep Learning. A truly open source deep learning framework suited for flexible research prototyping and production. URL: <https://mxnet.apache.org/versions/1.9.1/>.
18. Caffe Website. Deep learning framework by BAIR. URL: <http://caffe.berkeleyvision.org/>.
19. Caffe2 Website. Deep Learning Framework. URL: <https://caffe2.ai/>.
20. Chen Y., Tan P., Li M. et al. K-means clustering method based on nearest-neighbor density matrix for customer electricity behavior analysis. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*. 2024;161:110165. DOI: 10.1016/j.ijepes.2024.110165.
21. Deng Y., Bao F., Kong Y. et al. Deep Direct Reinforcement Learning for Financial Signal Representation and Trading. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*. 2017;28(3):653-664. DOI: 10.1109/TNNLS.2016.2522401.
22. Domingo L., Grande M., Borondo F. et al. Anticipating food price crises by reservoir computing. *Chaos, Solitons & Fractals*. 2023;174:113854. DOI: 10.1016/j.chaos.2023.113854.
23. Dong X., Xie K. Temporal shifts in safety states through the COVID-19 pandemic: Insights from hidden semi-Markov models. *Accident Analysis & Prevention*. 2025;211:107875. DOI: 10.1016/j.aap.2024.107875.
24. Dubovitski A., Klimentova E., Rogov M. Applicability of machine learning models using a neural network for predicting the parameters of the development of food markets. *Journal of Process Management and New Technologies*. 2022;10(3-4):93-105. DOI: 10.5937/jouproman2203093d.
25. Dubovitski A.A., Kononova M.E., Strelnikova T.D. et al. Assessment of the impact of climate risks on agriculture in the context of global warming. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Michurinsk, 2021. Article No. 012145. DOI: 10.1088/1755-1315/845/1/012145.
26. Eclipse DeepLearning4J Website. URL: <https://deeplearning4j.org/>.
27. Elavarasan D., Vincent D.R., Sharma V. et al. Forecasting yield by integrating agrarian factors and machine learning models: A survey. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2018;155:257-282. DOI: 10.1016/j.compag.2018.10.024.
28. Elavarasan D., Vincent D.R. Crop Yield Prediction Using Deep Reinforcement Learning Model for Sustainable Agrarian Applications. *IEEE Access*. 2020;8:86886-86901. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2992480.
29. FAO Website. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Publications & Statistics. URL: <https://www.fao.org/agrifood-economics/publications/detail/ru/c/1675930/>.
30. Göçken M., Özçalici M., Boru A. et al. Integrating metaheuristics and Artificial Neural Networks for improved stock price prediction. *Expert Systems with Applications*. 2016;44:320-331. DOI: 10.1016/j.eswa.2015.09.029.
31. Gupta S., Kashyap S. Forecasting inflation in G-7 countries: An application of artificial neural network. *Foresight*. 2015;17(1):63-73. DOI: 10.1108/FS-09-2013-0045.
32. Guzmán S.M., Paz J.O., Tagert M.L.M. et al. An integrated SVR and crop model to estimate the impacts of irrigation on daily groundwater levels. *Agricultural Systems*. 2018;159:248-259. DOI: 10.1016/j.agry.2017.01.017.
33. Hasan A.M., Sohel F., Diepeveen D. et al. A survey of deep learning techniques for weed detection from images. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2021;184:106067. DOI: 10.1016/j.compag.2021.106067.
34. Hatcher W.G., Yu W. A Survey of Deep Learning: Platforms, Applications and Emerging Research Trends. *IEEE Access*. 2018;6:24411-24432. DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2830661.
35. Haynes P., Alemna D. A systematic literature review of the impact of complexity theory on applied economics. *Economies*. 2022;10(8):192. DOI: 10.3390/economies10080192.
36. Herold N., Ekström M., Kala J. et al. Australian climate extremes in the 21st century according to a regional climate model ensemble: Implications for health and agriculture. *Weather and Climate Extremes*. 2018;20:54-68. DOI: 10.1016/j.wace.2018.01.001.
37. Huang T., Yang R., Huang W. et al. Detecting sugarcane borer diseases using support vector machine. *Information Processing in Agriculture*. 2018;5(1):74-82. DOI: 10.1016/j.inpa.2017.11.001.
38. Karpunina E.K., Kosorukova I.V., Dubovitski A.A. et al. State policy of transition to Society 5.0: Identification and assessment of digitalisation risks. *International Journal of Public Law and Policy*. 2021;7(4):334-350. DOI: 10.1504/IJPLAP.2021.118895.
39. Karpunina E.K., Lapushinskaya G.K., Arutyunova A.E. et al. Dialectics of Sustainable Development of Digital Economy Ecosystem. *Scientific and Technical Revolution: Yesterday, Today and Tomorrow*. Krasnoyarsk: Springer. 2020; 129:486-496. DOI: 10.1007/978-3-030-47945-9_54.
40. Keras Website. Keras 3 is a multi-framework deep learning API. URL: <https://keras.io/>.
41. Klimentova E.A., Dubovitskiy A.A., Yurina E.A. et al. Regional features of rural unemployment in Russia. *Economics of Agriculture*. 2021;68(2):357-374. DOI: 10.5937/ekoPolj2102357K.
42. Kriegeskorte N., Golan T. Neural network models and deep learning. *Current Biology*. 2019;29(7):231-236. DOI: 10.1016/j.cub.2019.02.034.
43. Kuschewski J.G., Žak S.H., Hui S. Application of Feedforward Neural Networks to Dynamical System Identification and Control. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*. 1993;1(1):37-49. DOI: 10.1109/87.221350.
44. Likas A., Vlassis N., Verbeek J.J. The global k-means clustering algorithm. *Pattern Recognition*. 2003;36(2):451-461. DOI: 10.1016/S0031-3203(02)00060-2.
45. Ma Y., Zhou M., Li S. Weathering market swings: Does climate risk matter for agricultural commodity price predictability? *Journal of Commodity Markets*. 2024;36:100423. DOI: 10.1016/j.jcomm.2024.100423.

46. Mitter H., Techen A.-K., Sinabell F. et al. Shared Socio-economic Pathways for European agriculture and food systems: The Eur-Agri-SSPs. *Global Environmental Change*. 2020;65:102159. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2020.102159.
47. Neto R.J., Souza Z.M., Medeiros Oliveira et al. Use of the decision tree technique to estimate sugarcane productivity under edaphoclimatic conditions. *Sugar Tech*. 2017;19:662-668. DOI: 10.1007/s12355-017-0509-7.
48. Pandey A., Mishra A. Application of artificial neural networks in yield prediction of potato crop. *Russian Agricultural Sciences*. 2017;43(3):266-272. DOI: 10.3103/S1068367417030028.
49. Sabri I., Bahia H. Using Artificial Neural Network Modeling in Forecasting Revenue: Case Study in National Insurance Company/Iraq. *International Journal of Intelligence Science*. 2013;3:136-143. DOI: 10.4236/ijis.2013.33015.
50. Scrivano S., Tolio T., Markov A. Chain model for the performance evaluation of manufacturing lines with general processing times. *Procedia CIRP*. 2021;103:20-25. DOI: 10.1016/j.procir.2021.10.002.
51. Singh B., Jana A.K. Forecast of agri-residues generation from rice, wheat and oilseed crops in India using machine learning techniques: Exploring strategies for sustainable smart management. *Environmental Research*. 2024;245:117993. DOI: 10.1016/j.envres.2023.117993.
52. Smola A.J., Schölkopf B. A tutorial on support vector regression. *Statistics and Computing*. 2004;14:199-222. DOI: 10.1023/B:STCO.0000035301.49549.88.
53. Sousa J., Henriques R. Intersecting reinforcement learning and deep factor methods for optimizing locality and globality in forecasting: A review. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 2024;133(B):108082. DOI: 10.1016/j.engappai.2024.108082.
54. Šťastný J., Konečný V., Trenz O. Agricultural data prediction by means of neural network. *Agricultural Economics (Czech Republic)*. 2011;57(7):356-361. DOI: 10.17221/108/2011-AGRICECON.
55. Tamasiga P., Ouassou E.H., Onyeaka H. et al. Forecasting disruptions in global food value chains to tackle food insecurity: The role of AI and big data analytics – A bibliometric and scientometric analysis. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2023;14:100819. DOI: 10.1016/j.jafr.2023.100819.
56. TensorFlow Website. A comprehensive platform for machine learning. URL: <https://www.tensorflow.org/?hl=ru>.
57. The Future is Yours Website. Getting Started with the Microsoft Cognitive Toolkit. URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/cognitive-toolkit/>.
58. Tulbure M.G., Wimberly M.C., Boe A. et al. Climatic and genetic controls of yields of Switchgrass, a model bioenergy species. *Agriculture Ecosystems and Environment*. 2012;146(1):121-129. DOI: 10.1016/j.agee.2011.10.017.
59. Xiang K., Li B.N., Zhang L. et al. Regularized Taylor echo state networks for predictive control of partially observed systems. *IEEE Access*. 2016;4:3300-3309. DOI: 10.1109/ACCESS.2016.2582478.
60. Yano I.H., Alves J.R., Santiago W.E. et al. Identification of weeds in sugarcane fields through images taken by UAV and Random Forest classifier. *IFAC-Papers OnLine*. 2016;49(16):415-420. DOI: 10.1016/j.ifacol.2016.10.076.
61. Zhan J., Cai M. A cost-minimized two-stage three-way dynamic consensus mechanism for social network-large scale group decision-making: Utilizing K-nearest neighbors for incomplete fuzzy preference relations. *Expert Systems with Applications*. 2025;263:125705. DOI: 10.1016/j.eswa.2024.125705.
62. Zhang W., Wu J., Wang S., Zhang Y. Examining dynamics: Unraveling the impact of oil price fluctuations on forecasting agricultural futures prices. *International Review of Financial Analysis*. 2025;97:103770. DOI: 10.1016/j.irfa.2024.103770.

Информация об авторах

А.А. Дубовицкий – доктор экономических наук, профессор кафедры экономики и коммерции ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», daa1-408@yandex.ru.

Э.А. Климентова – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и коммерции ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», klm1-408@yandex.ru.

В.А. Шацкий – ассистент кафедры математики, физики и информационных технологий ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», site.mgau@yandex.ru.

Information about the authors

A.A. Dubovitskiy, Doctor of Economic Sciences, Professor, the Dept. of Economics and Commerce, Michurinsk State Agrarian University, daa1-408@yandex.ru.

E.A. Klimentova, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Economics and Commerce, Michurinsk State Agrarian University, klm1-408@yandex.ru.

V.A. Shatskiy, Assistant, the Dept. of Mathematics, Physics and Information Technology, Michurinsk State Agrarian University, site.mgau@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 15.12.2024; одобрена после рецензирования 25.01.2025; принята к публикации 28.12.2025.

The article was submitted 15.12.2024; approved after reviewing 25.01.2025; accepted for publication 28.12.2025.

© Дубовицкий А.А., Климентова Э.А., Шацкий В.А., 2025

5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА (ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 631 (470.40)

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2025_1_190

EDN: MMSYLK

Практика функционирования Единой федеральной информационной системы о землях сельскохозяйственного назначения

Тагир Ишмуратович Хаметов^{1✉}, Максим Вячеславович Шиндяпин²

¹ Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза, Россия

² ООО «Агентство кадастровых работ», Пенза, Россия

¹ hametov@mail.ru✉

Аннотация. В современных условиях функционирование Единой федеральной системы о землях сельскохозяйственного назначения (ЕФИС ЗСН), являющейся важной компонентой эффективного использования земельных ресурсов, требует дальнейшей разработки организационно-экономического механизма предоставления сведений из различных источников и оценки уровня достоверности входной информации с целью повышения эффективности сельскохозяйственного производства. Рассмотрены проблемы функционирования ЕФИС ЗСН, в том числе на примере Пензенской области. На основе проведенного анализа выявлены недостатки и преимущества этой системы для всех субъектов земельных отношений. Разработаны мероприятия по совершенствованию организации системы для предоставления сведений о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения, в том числе: увеличение количества источников информации и повышение степени ее достоверности, расширение данных дистанционного зондирования земли, расширение системы за счет разработки дополнительных блоков с использованием цифровых технологий и др. Для повышения степени достоверности и полноты информации о землях сельскохозяйственного назначения в ЕФИС ЗСН предлагается создание механизма предоставления одного и того же показателя землепользования и землеустройства, но по разным источникам. Реализация предлагаемых рекомендаций на практике позволит оценить уровень достоверности и полноты входной информации о сельскохозяйственных землях в Единой федеральной информационной системе и повысить эффективность их использования. Проведение работ по цифровой трансформации управления землями сельскохозяйственного назначения направлено на повышение эффективности управленческих решений, доступности информации о сельскохозяйственных землях для ее пользователей. Важным преимуществом являются возможности сокращения затрат всех потребителей за счет внедрения современных сквозных цифровых технологий.

Ключевые слова: сельское хозяйство, управление земельными ресурсами, информационная система, дистанционное зондирование, сельские угодья

Для цитирования: Хаметов Т.И., Шиндяпин М.В. Практика функционирования Единой федеральной информационной системы о землях сельскохозяйственного назначения // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2025. Т. 18, № 1(84). С. 190–199. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_190–199.

5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS (ECONOMIC SCIENCES)

Original article

Practice of functioning of the Integrated Federal Information System on Agricultural Lands

Tagir I. Khametov^{1✉}, Maxim V. Shindyapin²

¹ Penza State University of Architecture and Construction, Penza, Russia

² Cadastral Works Agency LLC, Penza, Russia

¹ Khametov@mail.ru✉

Abstract. In modern conditions, the functioning of the Integrated Federal Information System on Agricultural Lands (EFIS AL), which is an important component of the effective use of land resources, requires further development of an organizational & economic mechanism for providing information from various sources and assessing the level of reliability of input information in order to increase the efficiency of agricultural production. The problems of the EFIS AL functioning are considered, including the example of Penza Oblast. Based on the

analysis, the disadvantages and advantages of this system for all subjects of land relations have been identified. Measures have been developed to improve the organization of the system for providing information on the condition and use of agricultural land, including: increasing the number of sources of information and its reliability, expanding remote sensing data, expanding the system through the development of additional blocks using digital technologies, etc. In order to increase the reliability and completeness of information on agricultural lands in the EFIS AL, it is proposed to create a mechanism for providing the same indicator of land use and land management, but from different sources. The implementation of the proposed recommendations in practice will make it possible to assess the level of reliability and completeness of input information on agricultural lands and increase the efficiency of their use in the integrated federal information system. The work on the digital transformation of agricultural land management is aimed at improving the effectiveness of management decisions and the availability of information on agricultural land for its users. An important advantage is the ability to reduce costs for all consumers through the introduction of modern end-to-end digital technologies.

Keywords: agriculture, land management, information system, remote sensing, rural areas

For citation: Khametov T.I., Shindyapin M.V. Practice of functioning of the Integrated Federal Information System on Agricultural Lands. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agramogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2025;18(1):190-199. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_190-199.

Введение

На современном этапе в развитых странах мира эффективное использование земель зависит от применения как прогрессивной сельскохозяйственной техники, так и передовых компьютерных технологий.

Прогрессивная техника включает в себя, например, тракторы, комбайны, сеялки, опрыскиватели с GPS-навигацией. Такая техника позволяет эффективно выполнять работы в сложных погодных условиях, повышать эффективность функционирования машин и агрегатов при снижении расхода топлива. Передовые компьютерные технологии позволяют контролировать состояние выращиваемых сельскохозяйственных культур в режиме реального времени, выявлять первые признаки болезней, появление вредителей, сорняков, используя изображения, полученные с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и спутников, а также прогнозировать урожайность. Достоверная и полная информация о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения снижает неопределенность и риски в отрасли, обеспечивая достижение поставленных целей и индикаторов.

В сельском хозяйстве использование цифровых ресурсов отстает от промышленных отраслей, однако в мировом пространстве в этой отрасли наблюдается массовое внедрение компьютерных технологий. Позитивные изменения в цифровизации характерны и для отечественного сельского хозяйства.

Изучение проблемы использования цифровых ресурсов в сельском хозяйстве базировалось на анализе нормативно-правовых актов Российской Федерации [6, 7, 8].

В соответствии с приказом Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 10 августа 2022 года № 520 «О развитии Единой федеральной информационной системы о землях сельскохозяйственного назначения и землях, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий» [8] была создана Единая федеральная информационная система о землях сельскохозяйственного назначения (ЕФИС ЗСН) и земель иных категорий, используемых для аграрного производства. ЕФИС ЗСН предназначена для обеспечения деятельности Минсельхоза России и подведомственных ему учреждений, региональных органов управления АПК, федеральных и региональных органов исполнительной власти, органов муниципального управления, сельскохозяйственных товаропроизводителей, отраслевых организаций и союзов, а также других пользователей актуальной и достоверной информацией, получаемой в рамках государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения. В задачу системы входит обеспечение Министерства сельского хозяйства и 300 подчиненных ему ведомств актуальной и достоверной информа-

цией и объединение работы данных учреждений в единое целое [9]. При этом основной функцией ЕФИС ЗСН является обеспечение граждан и государства достоверными, юридически значимыми данными о землях сельскохозяйственного назначения для использования этой информации для государственного планирования и для эффективной реализации инвестиционных проектов.

Авторизация системы позволяет осуществлять такие функции, как сбор, агрегацию данных в пределах границ каждого поля, муниципального образования, субъекта Российской Федерации, а также вести учет отраслевых верифицированных, геопривязанных сведений на федеральном уровне. Наряду с этим она позволяет получать пользователям различного рода информацию о сельскохозяйственных землях, включая информацию о местоположении, состоянии и фактическом использовании различных участков, о структуре севооборота, состоянии посевов сельскохозяйственных культур и др.

Основными участниками, предоставляющими данные в систему, являются региональные органы управления АПК, которые формируют и отправляют информацию для ЕФИС ЗСН в надзорный государственный орган по отрасли – Аналитический центр Минсельхоза России, где производится проверка и корректировка информации, после чего происходит ее внедрение в ЕФИС ЗСН.

Практика показывает, что в современных условиях функционирование Единой федеральной системы о землях сельскохозяйственного назначения, являющейся важной компонентой эффективного использования земельных ресурсов, требует дальнейшей разработки организационно-экономического механизма предоставления сведений из различных источников и оценки уровня достоверности входной информации. Отсутствие достоверных данных не позволяет дать объективную оценку состояния использования и охраны земель сельскохозяйственного назначения, что сказывается на эффективности и конкурентоспособности продукции сельского хозяйства.

Потребность в достоверной и полной информации о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения вызвана тем, что она предназначена для принятия управленческих решений в сфере АПК, направленных на устойчивое развитие сельского хозяйства при рациональном использовании земель сельскохозяйственного назначения. В связи с этим одной из важнейших задач развития современного сельскохозяйственного производства является организация его на основе системного информационного комплекса, а также развитие теоретических и методических положений об эффективности сельскохозяйственного производства. Неотъемлемыми элементами должны быть наличие актуальной планово-картографической информации, использование современных методов дистанционного зондирования земли. При этом для формирования эффективной системы информационного обеспечения сельскохозяйственного землепользования необходимо создание условий обмена информацией между государственными и ведомственными информационными системами [11].

В настоящее время ЕФИС ЗСН имеет multifunctional обновленный программный комплекс, позволяющий вести учет отраслевых верифицированных сведений о землях сельскохозяйственного назначения как на федеральном, так и региональном уровнях.

Источниками сведений ЕФИС ЗСН выступают различные государственные фонды пространственных данных [2]. В таблице 1 приведены основные виды данных, содержащихся в Системе, и их возможные источники.

Данная Система должна наполняться актуальной и достоверной информацией о текущем состоянии сельскохозяйственных земель. Однако, как показывает практика, информационная база ЕФИС ЗСН зачастую содержит недостаточное количество информации для всех субъектов земельных отношений, поскольку ее наполнение происходит со значительными задержками.

Таблица 1. Основные виды данных и их возможные источники

Виды данных	Источники
Сведения о неиспользовании сельскохозяйственных угодий. Виды сельскохозяйственных угодий	1. Региональные органы управления АПК. 2. Административно-хозяйственные службы. 3. Данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ)
Сведения о правообладателях земельных участков	1. Региональные органы управления АПК. 2. Единый государственный реестр недвижимости (ЕГРН)
Состояние посевов сельскохозяйственных культур	1. Данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). 2. Сельскохозяйственные товаропроизводители
Подтопление	1. Министерство сельского хозяйства РФ. 2. Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий
Показатели почвенного плодородия	1. Административно-хозяйственные службы
Границы и площади сельскохозяйственных угодий	1. Региональные органы управления АПК. 2. Центры и станции агрохимической службы. 3. Данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). 4. Единый государственный реестр недвижимости (ЕГРН)
Нарушение земель вследствие лесохозяйственной деятельности	Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации

Проблема связана с нехваткой специалистов, ее усложнение обусловлено процессом занесения информационных пакетов в платформу. В первую очередь это видно на примере сельскохозяйственных земель либо с наибольшей площадью, либо находящихся в труднодоступных районах, либо земельных участков, находящихся в аренде и субаренде.

Неотъемлемыми атрибутами ЕФИС ЗСН являются результаты постоянного мониторинга сельскохозяйственных земель, современные методы дистанционного зондирования земного шара. На основании этой информации формируется планово-картографический материал данной платформы, позволяющей сформировать систему информационного обеспечения. При этом важно создать условия обмена информацией между государственными и ведомственными информационными системами сельскохозяйственного землепользования.

ЕФИС ЗСН, являясь многофункциональной системой, позволяет получить информацию о площади сельскохозяйственных земель как субъекта страны, так и муниципального образования, о количестве полей в отдельно взятом муниципальном образовании или в любой другой единице территориального деления страны. Кроме общей информации, в системе можно увидеть характеристики отдельно взятого поля (площадь, протяженность, какой культурой засеяно) [4].

ЕФИС ЗСН содержит многослойную электронную карту всей территории России и атрибутивную базу данных истории полей с информацией о всех агротехнических мероприятиях. Платформа системы обеспечивает просмотр сведений, которые касаются:

- цифровой модели местности;
- данных дистанционного зондирования;
- границ сельскохозяйственных угодий;
- границ пашни, пастбищ, сенокосов, многолетних насаждений, залежи;
- наименования и ИНН землепользователя;
- выращиваемых сельскохозяйственных культур за определенный год в пределах границ сельскохозяйственных угодий;
- состава посевных площадей;
- выявленных неиспользуемых сельскохозяйственных угодий;
- свойств и показателей почв;
- карт посевов по годам;
- истории обработки полей.

Структура посевных площадей – это доля или удельный вес площади посева каждой культуры или группы культур в составе общей посевной площади. Посевные площади – это участки пахотных земель, занятые под посев разнообразных сельскохозяйственных культур. Структура посевных площадей позволяет оценить качественный состав культур и во многом характеризует производственное направление не только растениеводства, но и хозяйства в целом. Оптимизация структуры посевных площадей будет способствовать увеличению производства сельскохозяйственной продукции и повышению эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения. В настоящее время сведения о выращиваемых сельскохозяйственных культурах представляются в ЕФИС ЗСН региональными пользователями.

При анализе данной цифровой платформы было выявлено, что для проектов создания спутниковых снимков используется спутниковая система Landsat. Однако выходные данные не обладают необходимой точностью для построения контуров сельскохозяйственных земель. Из-за этого картографический материал получается не точным, возникает проблема идентификации полей с их фактическим использованием [3]. Поэтому необходимо разработать земельно-информационную систему, позволяющую провести учет идентификации контуров земельных угодий. При этом важно точно определить, что именно произрастает на данной территории. Выявление неиспользуемых земель является одной из важнейших и актуальных задач в сельском хозяйстве. Вовлечение в оборот ранее не используемых земель способствует увеличению посевных площадей, оказывая положительное влияние на темпы роста сельскохозяйственной продукции [10].

Процедура поиска обрабатываемых и необрабатываемых сельскохозяйственных земель в определенный временной интервал проводится с помощью дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Результатом являются космические снимки, полученные в течение всего вегетационного периода. Вариации яркости на снимках, полученных в разные сроки, позволяют судить о происходящих на угодьях изменениях или их отсутствии.

Сопоставление снимков, снятых в разные временные интервалы, способствует выявлению неиспользуемых сельскохозяйственных угодий (как минимум в течение трех лет), что положительно отражается на эффективности использования земельных угодий. На основе снимков создается планово-картографический материал, где отображаются неиспользуемые категории земель, которые могут быть дополнительным источником информации для надзорных органов, принимающих решения об изъятии земельных участков. Таким образом, государственные органы могут принимать решения о целесообразности вовлечения определенных земельных участков в сельскохозяйственный оборот региона.

Наличие данных о качественной характеристике земель сельскохозяйственного назначения позволяет представить реальные и потенциальные возможности производства сельскохозяйственной продукции. Возможность в ЕФИС осуществлять учет изменений и динамику невостребованных и неиспользуемых сельскохозяйственных угодий, участков с древесно-кустарниковой растительностью также будет способствовать своевременному решению вопросов по вовлечению таких земель в сельскохозяйственный оборот.

Блок дистанционного зондирования (ДЗЗ) является одной из фундаментальных составляющих системы. В нем реализован широкий набор инструментов различного типа, способствующих проведению мониторинга земель сельскохозяйственного назначения. Часть из них уже была апробирована и реализована ранее в системах дистанционного мониторинга растительности, таких как Vega-Pro и Vega-Science.

Некоторые возможности спутникового мониторинга сельскохозяйственных земель появились впервые именно в блоке ДЗЗ ЕФИС ЗСН. Это обусловлено в первую

очередь появлением обширной базы данных о контурах сельскохозяйственных угодий по регионам, в том числе Пензенской области, и выращиваемых в последние годы на них сельскохозяйственных культурах.

Геоинформационные системы, имеющие в своей основе почвенные карты конкретной области (в частности Пензенской), предоставляют информацию только о типе почв, преобладающем на данном участке. А для полного ознакомления с возможностями по применению земельного участка и использования его в сельскохозяйственном производстве недостаточно знать тип почвы. Необходимо учитывать еще ряд параметров: подтип почвы, основные физические свойства, такие как аэрация, гранулометрический состав, объемная масса, пористость, влагоемкость и водопроницаемость. Необходимо знать и химические составляющие почвы: состав, количество гумуса и темпы его минерализации; уровень засоленности, содержание основных элементов питания (азот, фосфор, калий, кальций и др.). Все эти данные позволят рационально использовать выбранный участок, минимизировать применение минеральных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур и сохранить не только плодородие почвы, но и получить экологически чистую продукцию. Также необходима информация о состоянии поверхности почвы, которая должна учитывать не только рельеф местности, но и степень эродированности и смывости. Применение этих данных позволит правильно определить направление использования сельскохозяйственных земель, разработать энергосберегающую технологию ведения производства.

Как показывает практика, в ЕФИС ЗСН используются сведения различных российских и иностранных спутниковых систем дистанционного зондирования Земли. В таблице 2 приведены основные виды спутниковых данных в блоке ДЗЗ ЕФИС ЗСН.

Таблица 2. Основные виды спутниковых данных в блоке ДЗЗ ЕФИС ЗСН

Спутники	Районы наблюдения	Основные возможные направления использования
MODIS (Terra, Aqua)	Все земли сельскохозяйственного назначения Российской Федерации	1) распознавание посевов сельскохозяйственных культур; 2) оценка состояния посевов; 3) выявление неиспользуемых сельскохозяйственных угодий
ETM + (Landsat-7) OLI (Landsat-8) MSI (Sentinel-2)	Выборочно в соответствии с ежегодной заявкой Министерства сельского хозяйства Российской Федерации на съемку	1) выявление/уточнение границ сельскохозяйственных угодий и посевов сельскохозяйственных культур, определение их площадей; 2) распознавание посевов сельскохозяйственных культур; 3) оценка состояния посевов, выявление неоднородностей в пределах сельскохозяйственных угодий
ПСС («Канопус-В» «Канопус-В-ИК») «Геотон»		
ETM + (Landsat-7) TIRS (Landsat-8)	Все земли сельскохозяйственного назначения Российской Федерации	1) мониторинг ЧС (пожары) на землях сельскохозяйственного назначения
C-SAR (Sentinel-1)	Северо-Кавказский и Южный федеральные округа	1) выявление неиспользуемых сельскохозяйственных угодий; 2) выявление зарастания сельскохозяйственных угодий древесно-кустарниковой растительностью

В настоящее время в Министерстве сельского хозяйства Российской Федерации активизируется развитие способов дистанционного зондирования для мониторинга сельскохозяйственных земель. Данные работы ведутся совместно с Роскосмос, ИКИ РАН, они особенно значимы на современном этапе в связи с известными западными санкциями в отношении России. Следует отметить, что чаще всего используются данные спутника Landsat, запущенного в космос еще в 1972 г. Одной из составных частей

ЕФИС ЗСН является модуль работы с данными дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), разработанный ООО «ИКИЗ» совместно с ИКИ РАН. Модуль позволяет проводить анализ информации о сельскохозяйственных угодьях по данным ДЗЗ с учетом сведений об их местоположении (то есть векторных границ) и произрастающих на них культурах. Для каждого контура поля, занесенного в систему, на основе космических снимков различных спектральных диапазонов (оптического – Terra/MODIS, Landsat-8/OLI, Sentinel-2/MSI и др., радиоволнового – Sentinel-1/C-band SAR) и разного пространственного разрешения возможен расчет в автоматическом режиме средних значений определенных показателей, по которым в той или иной степени можно судить о состоянии растительности (коэффициент спектральной яркости в разных каналах, вегетационный индекс NDVI и др.). В системе также предусмотрена возможность визуализации полученных значений за разные временные срезы (представления в виде графиков) и сравнения хода показателей за разные годы, в том числе со среднемноголетними значениями для различных групп сельскохозяйственных культур [5].

Как известно, на основе спутниковых данных формируются различные виды информационные продукты, включая цветные синтезированные изображения, составленные из снимков, полученных в разных спектральных каналах или в разные сроки, вегетационные индексы, мозаики, в том числе очищенные от облачности.

Для контуров полей, находящихся в системе на основе космических снимков с разным пространственным разрешением, возможен расчет в автоматическом режиме средних значений показателей состояния растительности, к которым относятся коэффициенты спектральной яркости в разных каналах, вегетационный индекс NDVI и др. В системе имеется возможность визуализации полученных значений в разные временные интервалы и сравнения динамики показателей за разные годы, в том числе со среднемноголетними значениями для различных групп сельскохозяйственных культур.

Информация о вегетационных индексах и рейтингах угодий предоставляется каждому авторизованному пользователю на безвозмездной основе. Эта информация необходима для характеристики качественного состояния посевов и оценки ожидаемого урожая. Кроме того, она может быть использована надзорными органами для проведения проверок по нарушению использования и охраны земельных участков.

Неоднородное распределение вегетационного индекса в пределах земельного участка может косвенно свидетельствовать о развивающихся на поле негативных процессах, а установление связи между значениями вегетационных индексов и состоянием растений впоследствии может послужить основой для дифференцированного внесения удобрений в целях выравнивания урожайности на поле. Однако на данные о вегетационном индексе в ЕФИС ЗСН могут оказывать влияние погрешности, вносимые погодными условиями, сильной облачностью. Решить данную проблему можно, частично скорректировав использование результатов съемки изображения NDVI за десять дней, что позволяет избежать влияния случайных и некоторых систематических погрешностей.

Космическая съемка, имея большой пространственный охват при высоком разрешении получаемых снимков с высокой повторяемостью наблюдений, является наиболее эффективным инструментом мониторинга земель сельскохозяйственного назначения. Широкому использованию материалов космических съемок для указанных целей способствует увеличение группировки спутников ДЗЗ, в том числе тех, данные с которых распространяются на некоммерческой основе.

Проведенный анализ использования ЕФИС ЗСН свидетельствует о том, что несмотря на широкий круг возможности, есть и определенные недостатки:

- базы данных по использованию земель имеют разные источники;
- отсутствие единого источника данных по неучтенным земельным участкам;

- недостаточный уровень распознавания неучтенных земельных участков (ранее земельные доли);
- высокая зависимость работы ГИС от исходных географических данных;
- несовершенство классификации земельных участков по видам сельскохозяйственных угодий и по фактическому использованию;
- зависимость конечного результата от точности и четкости данных;
- отсутствие или недостаточно полная информация об объектах на рынке земли РФ, что обуславливает высокие транзакционные издержки поиска информации и не способствует увеличению поступлений в бюджеты всех уровней налоговых и неналоговых платежей от использования земельных участков.

Для повышения степени достоверности и полноты информации о землях сельскохозяйственного назначения в ЕФИС ЗСН, по мнению экспертов (которое разделяют авторы), необходимо создание механизма предоставления одного и того же показателя землепользования и землеустройства, но по разным источникам [1].

Заключение

Эффективность организации сельскохозяйственного производства на землях сельскохозяйственного назначения зависит в первую очередь от полноты представленной информации. Для любого производителя сельскохозяйственной продукции необходимо обладать максимальной информацией о предоставляемом участке. При систематизации данных по земельным участкам в процессе цифровизации, по мнению авторов исследования, необходимо расширить информационный спектр возможностей ЕФИС ЗСН. Вместе с тем часть информации потребует дальнейшего обновления, что может приводить к противоречивости данных, содержащихся в государственных информационных системах. Для обеспечения решения данной проблемы целесообразно периодически ее обновлять и одновременно совершенствовать процесс подготовки задействованных кадров.

Реализация механизма предоставления данных из различных источников в ЕФИС ЗСН позволит оценить уровень достоверности входной информации. С этой целью целесообразно:

- увеличить количество источников информации для решения имеющейся проблемы достоверности и полноты информации о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения. Сведения о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения для ЕФИС ЗСН должны предоставлять региональные органы управления АПК, федеральные органы исполнительной власти, подразделения ФГБУ «Агрохимическая служба России», подразделения ФГБУ «Управление по мелиорации земель, водному хозяйству и безопасности гидротехнических сооружений», ГК «Роскосмос», МЧС, Росреестр, научные и учебные учреждения и организации;
- для контроля достоверности сведений необходима интеграция с информационными системами других федеральных органов исполнительной власти, обладающих информацией о различных аспектах состояния и использования земель сельскохозяйственного назначения;
- развивать практические работы по использованию ЕФИС ЗСН с расширением автоматизации сбора, обработки данных и анализа информации о землях сельскохозяйственного назначения;
- в большей степени использовать данные, полученные с современных спутников;
- расширить получение данных с дистанционного зондирования Земли из космоса, со съемок с использованием БПЛА, с датчиков удаленного сбора, размещенных на сельскохозяйственной технике или на самой местности.

ЕФИС ЗСН представляет собой современную систему в виде многослойной электронной карты территории регионов и важнейшего цифрового ресурса данных о состоянии сельскохозяйственных полей с максимальной информацией о всех агротехнических мероприятиях. Она систематизирует обширные сведения сельскохозяйственных угодий, обеспечивая прозрачность и доступность для государственных органов и всех заинтересованных лиц.

В процессе мониторинга земель сельскохозяйственного назначения применение современных технологий обработки сведений ДЗЗ обеспечивает решение многих актуальных вопросов. При этом наиболее эффективным методом мониторинга этих земель является космическая съемка, обладающая достаточной степенью пространственного охвата, разрешения снимков и повторяемости наблюдения.

Предоставление точной и надежной информации органам власти и сельскохозяйственным товаропроизводителям о состоянии полей и выращиваемых культурах является основной целью оптимизации затрачиваемых ресурсов, мониторинга состояния посевов и повышения урожайности.

Проведение работ по цифровой трансформации управления землями сельскохозяйственного назначения направлено на повышение эффективности управленческих решений, доступности информации о сельскохозяйственных землях для ее пользователей. Важным преимуществом являются возможности сокращения затрат всех потребителей за счет внедрения современных сквозных цифровых технологий. При этом эффективное применение цифровых технологий возможно при наличии данных по всем объектам земельно-имущественных отношений.

Достижение на практике поставленных целей позволит повысить точность, степень оценки достоверности и полноты входной информации о землях сельскохозяйственного назначения в ЕФИС ЗСН при ее верификации, а также эффективность их использования и уровень самой системы информационного обеспечения.

Список источников

1. Арзамасцева Н.В., Прохорова Н.В., Хамидова Л.Л. Проблема достоверности и полноты информации о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения // Известия ТСХА. 2021. Т. 10, № 3. С. 119–128. DOI: 10.26897/0021-342X-2021-3-119-128.
2. Буланов К.А., Денисов П.В., Лупян Е.А. и др. Блок работы с данными дистанционного зондирования Земли Единой федеральной информационной системы о землях сельскохозяйственного назначения. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16, № 3. С. 171–182. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-171-182.
3. Долматова О.Н., Щерба В.Н. Информационное обеспечение эффективного сельскохозяйственного землепользования // Омский научный вестник. Серия «Общество. История. Современность». 2022. Т. 7, № 3. С. 142–147. DOI: 10.25206/2542-0488-2022-7-3-142-147.
4. Единая федеральная информационная система земель сельскохозяйственного назначения [Электронный ресурс] // Официальный сайт Министерства сельского хозяйства РФ. URL: <http://efis.mcsx.ru/landing/> (дата обращения: 02.04.2024).
5. Козубенко И.С., Бегляров Р.Р., Вандышева Н.М. и др. Использование материалов дистанционного зондирования земли в Единой федеральной информационной системе о землях сельскохозяйственного назначения (ЕФИС ЗСН) // Применение средств дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве: материалы II Всероссийской научной конференции с международным участием (Санкт-Петербург, 26–28 сентября 2018 г.). Санкт-Петербург: ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт», 2018. С. 19–25.
6. О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия: Постановление Правительства РФ от 14.07.2012 № 717 (ред. от 24.12.2021) [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_133795/ (дата обращения: 04.04.2024).
7. О мерах по обеспечению эффективности мероприятий по использованию информационно-коммуникационных технологий в деятельности федеральных органов исполнительной власти и органов управления государственными внебюджетными фондами: Постановление Правительства РФ от 10.10.2020 № 1646 [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_364874/ (дата обращения 02.04.2024).

8. О развитии Единой федеральной информационной системы о землях сельскохозяйственного назначения и землях, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий: Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 10 августа 2022 г. № 520 [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/351562210> (дата обращения: 04.04.2024).

9. Официальный сайт Министерства сельского хозяйства Пензенской области [Электронный ресурс]. URL: <https://mcx.pnzreg.ru/> (дата обращения: 02.04.2024).

10. Тараканов О.В., Киселева Н.А., Маслова Л.А. и др. Цифровая трансформация управления сельскохозяйственными землями // Региональные проблемы преобразования экономики. 2022. № 3(137). С. 14–22.

11. Хаметов Т.И., Ишамьятова И.Х., Позднякова В.И. и др. Информационно-картографическое обеспечение оценки состояния земель в Бежецком районе Тверской области // Московский экономический журнал. 2022. Т. 8, № 2. С. 80–90. DOI: 10.55186/2413046X_2023_8_2_77.

References

1. Arzamastseva N.V., Prokhorova N.V., Khamidova L.L. Problem of the accuracy and completeness of information on the status and use of agricultural lands. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2021;10(39):119-128. DOI: 10.26897/0021-342X-2021-3-119-128. (In Russ.).

2. Bulanov K.A., Denisov P.V., Lupyay E.A. et al. Remote sensing unit of Integrated Federal Information System on Agricultural Lands. *Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space*. 2019;16(3):171-182. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-171-182. (In Russ.).

3. Dolmatova O.N., Shcherba V.N. Information support of effective agricultural land use. Omsk Scientific Bulletin. Series Society. History. Modernity. 2022;7(3):142-147. DOI: 10.25206/2542-0488-2022-7-3-142-147. (In Russ.).

4. Integrated Federal Information System of Agricultural Lands. Official website of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation. URL: <http://efis.mcx.ru/landing/>. (In Russ.).

5. Kozubenko I.S., Beglyarov R.R., Vandysheva N.M. et al. The use of Earth remote sensing materials in the Integrated Federal Information System on Agricultural Lands (EFIS AL). In: Earth remote sensing in agriculture: Proceedings of the II All-Russian Research Conference with International Participation (St. Petersburg, September 26-28, 2018). St. Petersburg: Agrophysical Research Institute Publishers; 2018:19-25. (In Russ.).

6. On the State Program for the Development of Agriculture and Regulation of Agricultural Products, Raw Materials and Food Markets: Decree of the Government of the Russian Federation of 14.07.2012 No. 717 (as amended on 24.12.2021). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_133795/. (In Russ.).

7. On measures to ensure the effectiveness of measures for the use of information and communication technologies in the activities of federal executive authorities and management bodies of state extra-budgetary funds: Decree of the Government of the Russian Federation of 10.10.2020 No. 1646. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_364874/. (In Russ.).

8. On the development of the Integrated Federal Information System on Agricultural Lands and Lands Used or Provided for Agriculture as Part of Lands of Other Categories: Order No. 520 of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation of August 10, 2022. URL: <https://docs.cntd.ru/document/351562210>. (In Russ.).

9. Official website of the Ministry of Agriculture of Penza Oblast. URL: <https://mcx.pnzreg.ru/>. (In Russ.).

10. Tarakanov O.V., Kiseleva N.A., Maslova L.A. et al. Digital transformation of agricultural land management. *Regional problems of transforming the economy*. 2022;3(137):14-22. (In Russ.).

11. Khametov T.I., Ishamyatova I.H., Pozdnyakova V.I. et al. Information and cartographic support for the assessment of the state of land in the Bezhetzky district of Tver region. *Moscow Economic Journal*. 2022;8(2):80-90. DOI: 10.55186/2413046X_2023_8_2_77. (In Russ.).

Информация об авторах

Т.И. Хаметов – доктор экономических наук, профессор кафедры «Землеустройство и геодезия» ФГБОУ «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», hametovt@mail.ru.

М.В. Шиндяпин – помощник кадастрового инженера ООО «Агентство кадастровых работ», г. Пенза, mr.psiho00@mail.ru.

Information about the authors

T.I. Khametov, Doctor of Economic Sciences, Professor, the Dept. of Land Management and Geodesy, Penza State University of Architecture and Construction, hametovt@mail.ru.

M.V. Shindyapin, Assistant Cadastral Engineer, Cadastral Works Agency, Penza, mr.psiho00@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 03.10.2024; одобрена после рецензирования 20.12.2024; принята к публикации 27.12.2024.

The article was submitted 03.10.2024; approved after reviewing 20.12.2024; accepted for publication 27.12.2024.

© Хаметов Т.И., Шиндяпин М.В., 2025

5.2.4. ФИНАНСЫ (ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 336.246.02

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2025_1_200

EDN: MPNYAP

Ключевые аспекты налогового администрирования крупнейших налогоплательщиков

Лариса Викторовна Брянцева^{1✉}, Ирина Викторовна Оробинская²

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

Воронеж, Россия

¹ blv2466@mail.ru✉

Аннотация. Представлены результаты исследования, цель которого заключалась в выявлении критериев определения категории крупнейших налогоплательщиков и особенностей их налогового администрирования как в России, так и зарубежных странах. В работе использованы абстрактно-логический, статистико-экономический, монографический методы, а также методы анализа и синтеза, изучения данных статистики и действующих нормативно-правовых актов, табличный и графический. Рассматриваются факторы, которые помогают определить, кто из налогоплательщиков относится к категории наиболее крупных. Так, особенностью подхода налоговых органов является стремление адаптировать общие правила к условиям конкретной экономики, что делает процесс идентификации крупнейших налогоплательщиков еще более многоуровневым. При определении категории крупнейших налогоплательщиков налоговые службы многих стран сталкиваются с необходимостью принятия во внимание множества разнообразных показателей, и не только финансовых (оборот, прибыль, сумма уплачиваемых налогов и др.). В процессе идентификации налоговые службы, следуя стандартам, анализируют и отраслевую принадлежность компании, и статус налогоплательщика, и уровень его консолидации внутри страны, а также ряд других важных факторов. Выявлено, что решающую роль в определении категории крупнейших налогоплательщиков играют не только явные показатели (размер получаемой прибыли или объем производства), но и более нюансированные аспекты. Детальное рассмотрение критериев, используемых в различных европейских странах, демонстрирует концепцию совместного соблюдения налоговых правил, которая базируется на взаимном доверии. Подчеркивается, что установление таких отношений между налогоплательщиками и налоговыми органами требует от обеих сторон готовности к открытому диалогу, способствует формированию эффективной, справедливой налоговой системы, которая является краеугольным камнем стабильной экономики страны и экономического развития общества в целом.

Ключевые слова: крупнейшие налогоплательщики, налогообложение, налоговое администрирование, зарубежные страны, налоговая политика, налоговый контроль, налоговая задолженность, бюджет, налоговая база, налоговая ставка

Для цитирования: Брянцева Л.В., Оробинская И.В. Ключевые аспекты налогового администрирования крупнейших налогоплательщиков // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2025. Т. 18, № 1(84). С. 200–210. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_200-210.

5.2.4. FINANCE (ECONOMIC SCIENCES)

Original article

Key aspects of tax administration of the largest taxpayers

Larisa V. Bryantseva^{1✉}, Irina V. Orobinskaya²

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

¹ blv2466@mail.ru✉

Abstract. The authors present the results of study aimed at identifying criteria for determining the category of the largest taxpayers and the specifics of their tax administration both in Russia and abroad. Abstract-logical, statistical-economic, monographic methods, as well as methods of analysis and synthesis, survey of statistical data and current regulatory legal acts, tabular and graphical are used in the work. The factors aiding to determine which of the taxpayers belongs to the category of the largest are considered. Thus, a feature of the tax authorities' approach is the desire to adapt the general rules to the conditions of a particular economy, which makes the process of identifying the largest taxpayers even more multilevel. When determining the category of the largest taxpayers, the tax authorities of many countries face the necessity to take into account a wide variety of indicators and not only financial ones (turnover, profit, amount of taxes paid, etc.). In the process of identification, the tax authorities, following the standards, analyze the company's industry affiliation, the status of the taxpayer, and the level of its consolidation within the country, as well as a number of other important factors. It has been revealed that the decisive role in determining the category of the largest taxpayers is played not only by explicit indicators

(the amount of profit received or the volume of production), but also by more nuanced aspects. A detailed examination of the criteria used in various European countries demonstrates the concept of joint compliance with tax rules, which is based on mutual trust. It is emphasized that the establishment of such relations between taxpayers and tax authorities requires both sides to be ready for an open dialogue, contributes to the formation of an effective, fair tax system, which is the cornerstone of a stable national economy and the economic development of society as a whole.

Key words: largest taxpayers, taxation, tax administration, foreign countries, tax policy, tax control, tax debt, budget, tax base, tax rate

For citation: Bryantseva L.V., Orobinskaya I.V. Key aspects of tax administration of the largest taxpayers. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agramogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2025;18(1):200-210. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_200-210.

Крупнейшие налогоплательщики характеризуются особой ролью в экономике государства по ряду причин, среди которых основной является их весомый вклад в формирование доходной части государственного бюджета. Обеспечение со стороны крупнейших налогоплательщиков существенной доли налоговых поступлений обуславливает необходимость разработки особых методов к проведению налогового контроля данной категории налогоплательщиков.

Крупнейшие налогоплательщики, несмотря на различия в страновой принадлежности, демонстрируют много общего. Они функционируют как разветвленные структуры с разнообразными подразделениями и глобальными экономическими взаимосвязями, обеспечивая значительный вклад в национальные бюджеты через налоговые отчисления.

Цель представленного исследования состоит в выявлении критериев определения категории крупнейших налогоплательщиков и особенностей их налогового администрирования как в России, так и зарубежных странах. В работе использованы абстрактно-логический, статистико-экономический, монографический методы, а также методы анализа и синтеза, изучения данных статистики и действующих нормативно-правовых актов. Эмпирической базой обеспечения достоверности выводов послужили материалы Федеральной службы государственной статистики РФ, Федеральной налоговой службы РФ и другая информация.

В мировой практике применяется особая методика для определения статуса крупнейшего налогоплательщика, включающая различные показатели, такие как размер выручки, прибыль и объем уплаченных налогов, которую применяют многие государства (рис. 1).

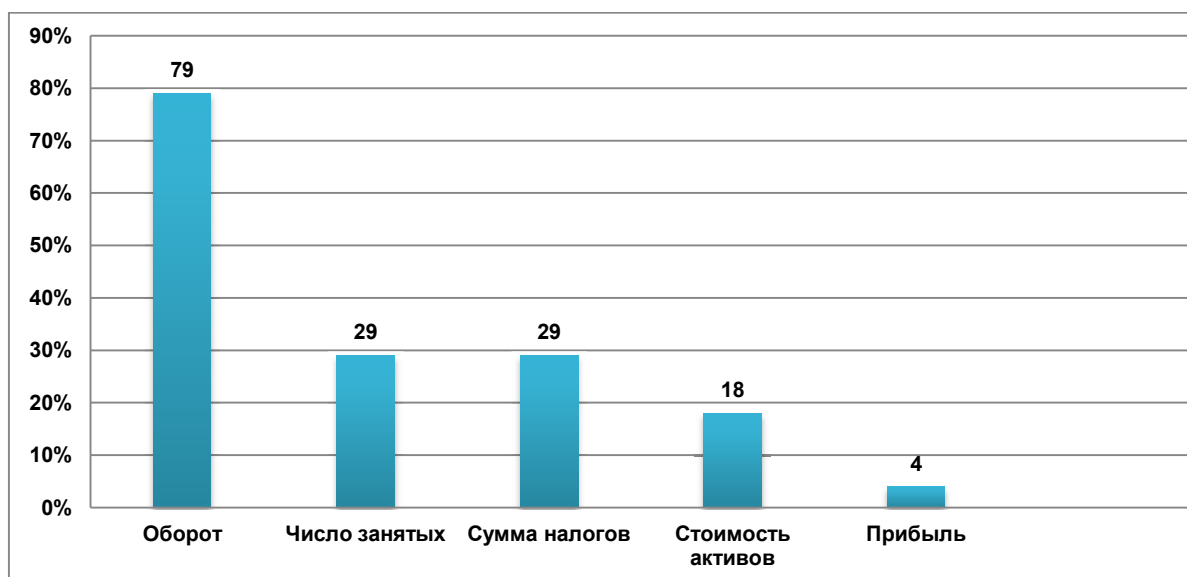


Рис. 1. Наиболее распространенные критерии отнесения налогоплательщиков к категории крупнейших в зарубежных странах, %

Источник: [8].

Характеристики крупных налогоплательщиков, как правило, очень похожи во всех странах: это сложные по своей структуре, имеющие много подразделений и международные деловые отношения организации, формирующие большую часть налоговых поступлений страны. Критерии, по которым налогоплательщики могут быть отнесены к крупным, различны. Согласно данным Европейской организации налоговых администраций (Intra-European Organisation of Tax Administrations – IOTA), большинство стран используют сочетание нескольких критериев. В процессе определения категории крупнейших налогоплательщиков налоговые службы стран, входящих в IOTA, сталкиваются с необходимостью принятия во внимание множества разнообразных показателей, в том числе финансовых: оборот, прибыль, сумма уплачиваемых налогов. Это значительно более сложный процесс, чем может показаться на первый взгляд, поскольку включает в себя не только следование стандартам и рассмотрение таких критериев, как отраслевая принадлежность компании, статус налогоплательщика и уровень его консолидации внутри страны, но и ряд других важных факторов [8].

Представляется целесообразным начать процесс изучения с того, как именно эти факторы помогают определить, кто из налогоплательщиков относится к категории наиболее крупных. Было выявлено, что решающую роль играют не только явные показатели, такие как размер получаемой прибыли или объем производства, но и более нюансированные аспекты.

Критерии определения категории крупнейших налогоплательщиков в зарубежных странах

Детальное рассмотрение критериев, используемых в различных зарубежных странах, демонстрирует интересную картину. Особенностью подхода налоговых органов является стремление адаптировать общие правила к условиям конкретной экономики, что делает процесс идентификации крупнейших налогоплательщиков еще более многоуровневым.

Например, в Кыргызской Республике перечень критериев формируется на годовом объеме реализации товаров, объема начисленных за год налогов и обязательных платежей, а также стоимости собственных активов.

Важным аспектом финансовой деятельности в США является применение специальной системы оценки, которая учитывает ряд влияющих на процесс налогообложения показателей, таких как общая стоимость активов, валовый доход, количество функционирующих юридических лиц, диверсификация деятельности предприятия, количество специалистов и ресурсов, потраченных на проверку и др.

Особенность этой системы заключается в объективном подходе к налогоплательщикам, который обеспечивает равные условия для всех. Одной из таких мер, которая может быть применена к компаниям, является Программа комплексных проверок. Для промышленных компаний необходимо набрать не менее двенадцати баллов, в то время как для финансовых, страховых и других компаний – минимум пятнадцать баллов. Такой подход помогает поддерживать честные налоговые отношения между бизнесом и государством.

В последнее время в мире многие страны внедрили принцип сотрудничества и совместного исполнения налоговых обязанностей, или, как его называют, совместного комплаенса (co-operative compliance). Это отношения, в рамках которых предпочтение отдается сотрудничеству, а не конфронтации, отношения, основанные на взаимном доверии, а не на обязанностях, подлежащих исполнению, что предполагает выборную форму взаимодействия между налоговым органом и налогоплательщиком. Цель такого сотрудничества – обеспечить полное соответствие действий налогоплательщика требованиям налогового законодательства. Отличительной особенностью является фокус на

предотвращение проблем до их возникновения, а не реактивное решение уже возникших вопросов, что ведет к уплате нужной суммы налога в нужное время.

Чтобы понять суть этого подхода, стоит прибегнуть к анализу результатов исследований различных авторов, обосновывающих концепцию совместного соблюдения налоговых правил как форму взаимоотношений между налоговыми органами и налогоплательщиками, которая предполагает не только выполнение законодательно установленных требований, но и развитие сотрудничества, основанного на глубоком взаимном доверии. Это означает, что обе стороны готовы идти на шаги, превышающие формальные обстоятельства, ради достижения общих целей [1, 2, 3, 4].

Таким образом, установление таких отношений между налогоплательщиками и налоговыми органами требует от обеих сторон готовности к открытому диалогу и уважению. Данная практика послужит мощным инструментом для укрепления доверия между сторонами [5], что, в свою очередь, будет способствовать формированию эффективной, справедливой налоговой системы, которая является краеугольным камнем стабильной экономики страны и экономического развития общества в целом.

На протяжении десятилетий многие развивающиеся страны апробировали различные подходы к администрированию налогов, уделяя особое внимание крупнейшим налогоплательщикам. Одним из наиболее показательных примеров является опыт Китая, который с 2008 г. активно преобразует внутренние процессы налогообложения. В этой стране сформированный Департамент по администрированию крупного бизнеса (LEAD) в структуре Государственной налоговой администрации Китая (SAT) стал инициатором систематических изменений. Ключевым моментом в обновленной стратегии налогового управления стало применение комплексного подхода, центром которого является оценка налоговых рисков. Это позволило не только повысить эффективность налоговых проверок, но и способствовало более справедливому и целевому налогообложению. Этот подход был внедрен и в других странах и теперь применяется к крупным компаниям, работающим в Китае. В рамках программы «Интернет + налогообложение», запущенной Государственным налоговым управлением Китая в 2015 г., происходит ускоренная цифровизация информации и налоговых служб [16, 17].

Позже был опубликован план по углублению реформы государственной системы управления сбором налогов, согласно которому налоговые администрации и местные налоговые органы должны полностью предусмотреть новый механизм управления налогами. В 2020 г. Китай представил амбициозный проект «1000 групп», призванный улучшить управление крупными компаниями через анализ данных. После этого было объявлено о дополнении к плану, освещающем углубление реформы сбора налогов в стране. Согласно нововведению налогоплательщики в Китае будут классифицированы и распределены по различным уровням управления налоговыми рисками. Эта инициатива представляет собой революционный подход к управлению налогами на основе анализа данных.

Этот план не только расширит налоговое администрирование в Китае, но и может повлиять на дальнейшее развитие налоговой системы в стране. В конечном счете, это повысит результативность сбора налогов, что, в свою очередь, будет способствовать стабильности и развитию экономики Китая. Инициативу по устранению информационной асимметрии, важной для экономики Китая, возглавляет Национальное налоговое бюро. Одним из ключевых моментов этого проекта является тщательный сбор финансовой, налоговой и бухгалтерской информации почти 1000 крупных компаний, работающих на китайском рынке. После анализа, проведенного в конце 2015 г., китайское государственное налоговое управление выделило около тысячи групп предприятий для последующего анализа эффективности налоговой системы.

Критерии определения категории крупнейших налогоплательщиков в России

В настоящее время в России наблюдается тенденция перевода организаций в межрегиональные инспекции по крупнейшим налогоплательщикам даже в случаях, когда их годовой оборот составляет менее 10 млрд руб.

Крупнейшие налогоплательщики подвергаются особому администрированию, именно поэтому ФНС уделяет им более пристальное внимание, чем другим компаниям [10, 11].

Достаточно большое количество межрегиональных (межрайонных) инспекций (МИ), которые специализируются на крупнейших налогоплательщиках, находятся территориально в Москве, а также в таких городах, как Санкт-Петербург, Казань, Новосибирск, Кемерово и Екатеринбург. Применение принципа отраслевого администрирования приводит к ситуации, когда компания, которая находится территориально в Сибири, вынуждена находиться под юрисдикцией межрегиональной инспекции ФНС, которая расположена в Москве, и, соответственно, отчитываться и направлять корреспонденцию и своих представителей абсолютно в другой город [6, 7].

Налоговое администрирование, которое базируется в рамках отраслевой специализации, обеспечивает глубокое понимание работниками налоговых органов особенностей предпринимательской деятельности в конкретной отрасли, что обеспечивает, в свою очередь, более тщательный контроль за деятельностью крупнейших налогоплательщиков [9].

Крупнейшими налогоплательщиками, формирующими весомый вклад в доходную часть консолидированного бюджета РФ в 2023 г., были компании, осуществляющие следующие виды экономической деятельности: добычу нефти и природного газа, металлургическое производство, производство машин и оборудования, деятельность по предоставлению финансовых услуг.

Также стоит отметить, что проведение полного детального анализа статистических данных о налоговых доходах затруднено из-за ограниченного доступа к информации. Однако рейтинг позволяет увидеть, какие компании внесли значительный вклад в налоговую базу России в 2023 г.

Исходя из рейтинга крупнейших налогоплательщиков в России за 2023 г. можно сделать вывод о значительном вкладе определенных отраслей экономики в налоговые поступления в бюджет. Также видно, что эти компании играют важную роль в обеспечении финансовой устойчивости государства через свои налоговые взносы [8, 10].

Этот рейтинг учитывает компании, которые работают в России или же за ее пределами, если они контролируются владельцами из России и их деловая активность тесно связана с этой страной. В первую очередь посмотрим на финансовые показатели крупных российских компаний с точки зрения налоговых обязательств. Важно подчеркнуть, что всесторонний и подробный разбор налоговых поступлений крупнейших налогоплательщиков затруднен из-за ограниченного доступа к соответствующей информации, не публикуемой Федеральной налоговой службой. Таким образом, обзор базируется на частичных сведениях из форм 2-НК, касающихся налоговых проверок за период с 2020 по 2023 г.

Самая большая доля в налоговых поступлениях (29,9%) приходится на МИ ФНС России по крупнейшим налогоплательщикам № 1. Эта инспекция специализируется на налоговом администрировании крупнейших налогоплательщиков, относящихся к транснациональным компаниям. УФНС России по г. Москве занимает второе место с долей в 15,3%. Это указывает на значительный вклад Москвы в общие налоговые поступления в федеральный бюджет.

МИ ФНС России по крупнейшим налогоплательщикам № 3 занимает третье место с долей в 9,5%. Эта инспекция специализируется на оптовой и розничной торговле, производстве и реализации пищевых продуктов, напитков, табачных изделий, а также растениеводстве и животноводстве. МИ ФНС России по крупнейшим налогоплательщикам № 2 и УФНС России по Санкт-Петербургу имеют примерно одинаковую долю в 7% каждая.

Как следует из данных отчета по форме № 2-НК на 01.04.2024, по всем видам налогоплательщиков налоговыми органами было проведено более 1,7 млн камеральных проверок. Это свидетельствует о том, что налоговые органы инициативны в контроле за исполнением налогового законодательства и соблюдения налогоплательщиками своих обязанностей. На рисунке 2 представлена динамика количества камеральных налоговых проверок, проведенных за период с 2018 по 2023 г.

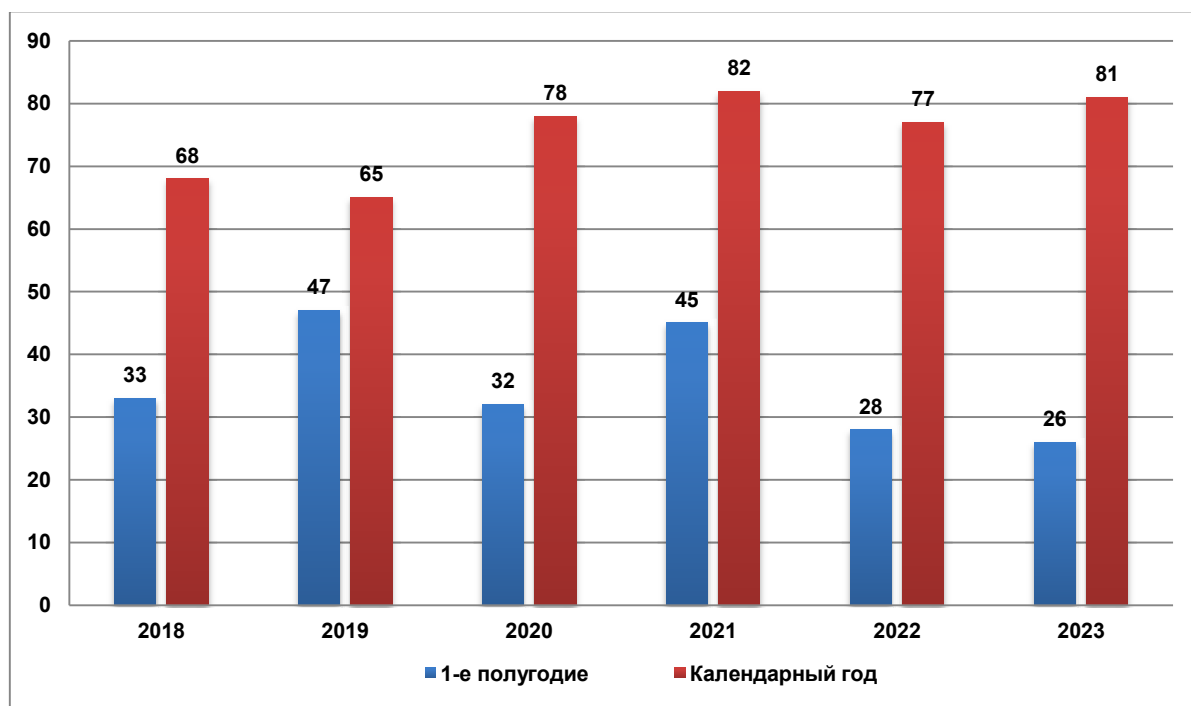


Рис. 2. Количество камеральных налоговых проверок по крупнейшим налогоплательщикам в период 2018–2023 гг., тыс. ед.

Источник: составлено авторами по данным [14].

В целом камеральные проверки, проведенные налоговыми органами, в исследуемые годы демонстрируют периодичную перманентную изменчивость. Так, наибольшее их количество приходится на 2021 и 2023 гг., а наименьшее – на 2018 и 2019 гг. На основе более детального анализа данных рисунка 2 можно сделать следующие общие выводы.

1. Стабильность до 2021 г.: с 2018 по 2021 г. количество камеральных налоговых проверок оставалось примерно на одном уровне с незначительными колебаниями, что может указывать на относительную стабильность в работе налоговых органов в течение этих лет.

2. Резкий рост в 2022–2023 гг.: в 2022 и 2023 гг. наблюдался значительный рост числа камеральных проверок, что может свидетельствовать об изменениях в стратегии налоговых органов и усилении контроля и надзора за исполнением налогового законодательства.

3. Влияние налоговых изменений: увеличение числа проверок также может быть связано с внесением изменений в налоговое законодательство, что требует более тщательного контроля со стороны налоговых органов.

4. Потенциальные причины роста: рост количества камеральных проверок может быть обусловлен не только усилением контроля, но и повышенной активностью налогоплательщиков, изменениями в экономической сфере или другими факторами, требующими более тщательного анализа налоговых деклараций.

Исходя из вышеперечисленных аспектов анализ рисунка 2 позволяет сделать вывод о динамике изменения количества камеральных налоговых проверок и возможных факторах, влияющих на этот процесс.

В таблице представлены данные о дополнительно начисленных платежах по результатам камеральных налоговых проверок за период с 2020 по 2023 г.

Дополнительно начислено платежей по результатам камеральных проверок, тыс. руб.

Наименование показателей	Доначислено по камеральным налоговым проверкам											
	2020 г.			2021 г.			2022 г.			2023 г.		
	Налоги	Пени	Штрафные санкции	Налоги	Пени	Штрафные санкции	Налоги	Пени	Штрафные санкции	Налоги	Пени	Штрафные санкции
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Всего по результатам контрольной работы	3 258 656	319 150	2 600 079	3 452 483	298 962	4 570 243	11 209 261	633 430	5 580 694	17 033 503	x	5 585 844

Источник: составлено авторами по данным [14, 15].

На основе анализа данных, приведенных в таблице, можно отметить следующие ключевые моменты.

1. Общая сумма дополнительно начисленных платежей по результатам контрольной работы увеличивается с 3 258 656 тыс. руб. в 2020 г. до 5 585 844 тыс. руб. в 2023 г.

2. Существенный рост суммы начисленных платежей наблюдался с 2022 по 2023 г., что может указывать на более эффективную работу налоговых органов по выявлению нарушений и ошибок в налоговой отчетности.

3. Представлены различные категории начислений, такие как налоги, пени, штрафы и санкции, что позволяет более детально оценить структуру дополнительных платежей.

4. Данные таблицы позволяют выявить тенденции в изменении объема дополнительных начислений по годам и оценить эффективность налогового контроля и администрирования в указанный период времени.

На рисунке 3 представлены данные, которые характеризуют, насколько значимы крупнейшие налогоплательщики в результатах налогового контроля.

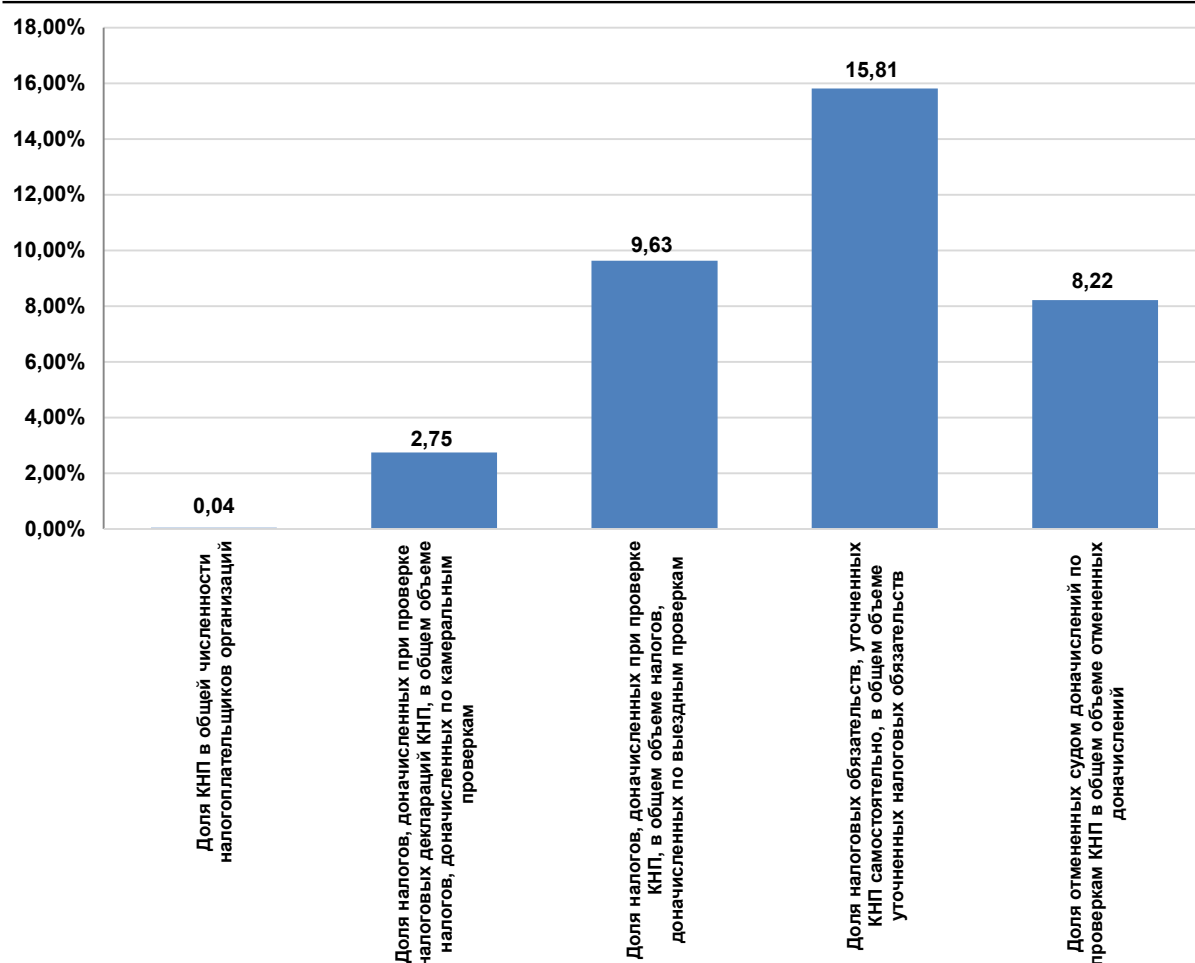


Рис. 3. Анализ роли крупных налогоплательщиков в результатах контрольной работы налоговых органов в Российской Федерации за 2023 г., %

Источник: составлено авторами по данным [14].

Закключение

Таким образом, проведенный анализ особенностей налогообложения крупнейших налогоплательщиков позволил сформулировать следующие выводы.

1. Несмотря на то что доля крупных налогоплательщиков в общей численности организаций незначительна – 0,04%, они могут оказывать существенное влияние на налоговые поступления.

2. Доля налогов, доначисленных при проверке налоговых деклараций крупных налогоплательщиков, в общем объеме доначислений по камеральным проверкам составляет 2,75%. Это свидетельствует о том, что крупнейшие налогоплательщики вносят существенный вклад в дополнительные налоговые поступления.

3. Доля налогов, доначисленных при проверке крупных налогоплательщиков, в общем объеме доначислений по выездным проверкам составляет 9,63%. Это указывает на существенность финансового значения результатов проверок крупных налогоплательщиков.

4. Доля налоговых обязательств, уточненных крупными налогоплательщиками самостоятельно, в общем объеме уточненных налоговых обязательств составляет 15,81%. Это свидетельствует о том, что крупнейшие налогоплательщики активно участвуют в корректировке своих налоговых обязательств.

5. Доля отмененных судом доначислений по проверкам крупных налогоплательщиков в общем объеме отмененных доначислений составляет 8,22%. Это указывает на то, что часть доначислений, вынесенных крупным налогоплательщикам, может быть отменена в судебном порядке.

На основании приведенного выше исследования можно констатировать, что не следует недооценивать значимость влияния крупнейших налогоплательщиков в налоговой системе государства, так как они не только платят значительную сумму налогов, но и оказывают существенное влияние на налоговую политику и процедуры [11, 12, 13].

Для обеспечения более действенного контроля за крупнейшими налогоплательщиками вводятся специальные инструменты и меры, которые помогают налоговым органам учитывать специфику их деятельности. Например, налоговые органы могут проводить регулярные проверки крупных налогоплательщиков, чтобы убедиться в соблюдении налогового законодательства и правовых норм их деятельности. В ходе таких контрольных мероприятий целесообразно проводить анализ финансовой отчетности, уточнение цен и выявление рисков налоговых убытков, а также выявление схем, направленных на уклонение от уплаты налогов.

Кроме того, существуют информационные системы и базы данных, позволяющие налоговым органам устанавливать связи между крупными налогоплательщиками и другими участниками налоговой системы, что помогает выявить потенциальные налоговые нарушения или случаи скрытого дохода.

Эффективный контроль за крупнейшими налогоплательщиками обеспечивается специальными мерами и средствами, что позволяет налоговым органам ориентироваться на более мелких налогоплательщиков. Однако, несмотря на приложенные усилия, уровень налоговой дисциплины по-прежнему остается низким. Для улучшения ситуации необходимо постоянно совершенствовать систему налогового контроля, а также принимать дополнительные меры по повышению осведомленности о налоговых обязательствах и обеспечению их исполнения.

В современных условиях сектор теневой экономики становится более заметным и требует дополнительных мер по контролю. Новейшая форма налогового мониторинга позволяет активно вмешиваться во внутренние процессы крупных компаний и тем самым регулировать их поведение на рынке. Правильное взаимодействие государства и компаний через налоговый контроль способствует формированию устойчивой экономики.

В конечном итоге очевидно, что перед налоговым администрированием на современном этапе стоят амбициозные задачи. Эффективное управление налоговым процессом должно стать залогом стабильного экономического развития, создавать условия для роста доходов государственного бюджета, в то же время минимизируя издержки и препятствия для предпринимателей и защищая их права. Только так система налогового администрирования может достичь своих целей и способствовать созданию здоровой экономической среды.

Список источников

1. Балаева Д.А., Машитлова И.А., Дудаева А.Ф. и др. Налоговый контроль: содержание, значение, виды, проблемы: монография. Стерлитамак: АМИ, 2021. 103 с.
2. Гончаров В.В., Грищенко О.В., Петренко Е.Г. и др. Цифровые технологии как инструмент повышения экономической эффективности проводимых мероприятий общественного контроля в России // Право и государство: теория и практика. 2023. № 8(224). С. 196–200. DOI: 10.47643/1815-1337_2023_8_196.
3. Гончаров В.В., Грищенко О.В., Петренко Е.Г. и др. Экономическая эффективность мероприятий общественного контроля в Российской Федерации как основной критерий оценки результатов деятельности его субъектов // Право и государство: теория и практика. 2023. № 7(223). С. 199–202. DOI: 10.47643/1815-1337_2023_7_199.
4. Грачева Е.Ю. Государственный финансовый контроль в Российской Федерации // Единая концепция государственного финансового контроля в Российской Федерации: материалы научно-практической конференции (Москва, 09 апреля 2022 г.). Москва: Издательский дом «Финансовый контроль», 2002. С. 17–23.
5. Григорьев А.А., Корнилов А.Р. Развитие правового регулирования контроля гражданского общества за осуществлением государственной власти // Юридическая наука. 2023. № 3. С. 4–6.
6. Емельянов А.С. Налогообложение и цифровизация общественных отношений: формирование правовой основы // Законы России: опыт, анализ, практика. 2018. № 12. С. 17–26.
7. Калачиков И.С., Степанова А.А. Сущность общественного контроля за деятельностью органов государственной власти // Научный аспект. 2019. Т. 4, № 2. С. 434–439.
8. Киреенко А.П., Орлова Е.Н., Баженова В.И. Налоговое администрирование крупных налогоплательщиков: мировые тенденции и особенности российского опыта // Вестник УрФУ. Серия экономика и управление. 2019. Т. 18, № 1. С. 104–126. DOI: 10.15826/vestnik.2019.18.1.006.
9. Кирова Е.А., Карп М.В., Самоделко Л.С. и др. Инновационное развитие налогового администрирования в России // Финансы: теория и практика. 2024. Т. 28, № 1. С. 85–97. DOI: 10.26794/2587-5671-2024-28-1-85-97.
10. Кучеров И.И., Хаванова И.А. Налоговые последствия использования альтернативных платежных средств (теоретико-правовые аспекты) // Вестник Пермского университета. Юридические науки. 2017. № 35. С. 66–72. DOI: 10.17072/1995-4190-2017-35-66-72.
11. Митин Д.А. Совершенствование действующей в Российской Федерации модели налогового администрирования электронной коммерции // Налоги и налогообложение. 2020. № 5. С. 1–17. DOI: 10.7256/2454-065X.2020.5.33517.
12. Ряховский Д.И. Трансформация налогового контроля в современных условиях // Modern Economy Success. 2020. Т. 2. С. 246–255.
13. Токарев С.И. Налогообложение цифровых валют (криптовалют) в условиях отсутствия специального правового регулирования (правового вакуума) // Финансовое право. 2020. № 9. С. 36–40. DOI: 10.18572/1813-1220-2020-9-36-40.
14. Федеральная налоговая служба России. Документы [Электронный ресурс] // Официальный сайт. URL: <https://www.nalog.gov.ru> (дата обращения: 19.12.2024).
15. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Документы [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 19.12.2024).
16. Шилова Л.Ф. Институт налогового администрирования и развитие его инструментов в условиях цифровой экономики // Инновационное развитие экономики. 2022. № 6(72). С. 206–209. DOI: 10.51832/2223798420226206.
17. Lv B., Zhang Zh. Reform of China's taxation system: from embedment in the economy to embedment in society // The Journal of Chinese Sociology. 2022. Vol. 9. Article no. 3.

References

1. Balaeva D.A., Mashitlova I.A., Dudaeva A.F. et al. Tax control: content, meaning, types, problems: monograph. Sterlitamak: Agency for International Studies; 2021. 103 p. (In Russ.).
2. Goncharov V.V., Grishchenko O.V., Petrenko E.G. et al. Digital technologies as a tool for increasing economic efficiency of public control measures in Russia. *Law and State: the Theory and Practice*. 2023;8(224):196-200. DOI: 10.47643/1815-1337_2023_8_196. (In Russ.).
3. Goncharov V.V., Grishchenko O.V., Petrenko E.G. et al. Economic efficiency of public control measures in the Russian Federation as the main criterion for evaluating the results of its subjects' activities. *Law and State: the Theory and Practice*. 2023;7(223):199-202. DOI: 10.47643/1815-1337_2023_7_199. (In Russ.).
4. Gracheva E.Yu. State financial control in the Russian Federation. In: Unified concept of state financial control in the Russian Federation: Proceedings of Research-to-Practice Conference (Moscow, April 09, 2022). Moscow: Financial Control Publishing House; 2002:17-23. (In Russ.).
5. Grigoriev A.A., Kornilov A.R. Development of legal regulation of civil society control over the exercise of state power. *Legal Science*. 2023;3:4-6. (In Russ.).
6. Emelianov A.S. Social relations taxation and digitalization: legal basis formation. *Laws of Russia: Experience, Analysis, Practice*. 2018;12:17-26. (In Russ.).
7. Kalachikov I.S., Stepanova A.A. The essence of public control over the activities of public authorities. *Scientific Aspect*. 2019;4(2):434-439. (In Russ.).
8. Kireenko A.P., Orlova E.N., Bazhenova V.I. Tax administration of Large Taxpayers: Global Trends and Features of Russian Experience. *Bulletin of Ural Federal University. Series Economics and Management*. 2019;18(1):104-126. DOI: 10.15826/ vestnik.2019.18.1.006.
9. Kirova E.A., Karp M.V., Samodelko L.S. et al. Innovative development of tax administration in Russia. *Finance: Theory and Practice*. 2024;28(1):85-97. DOI: 10.26794/2587-5671-2024-28-1-85-97. (In Russ.).
10. Kucherov I.I., Khavanova I.A. Tax consequences of using alternative means of payment (theoretical and legal aspects). *Perm University Herald. Juridical Sciences*. 2017;35:66-72. DOI: 10.17072/1995-4190-2017-35-66-72. (In Russ.).
11. Mitin D.A. Improvement of the existing in the Russian Federation model of tax administration of e-commerce. *Taxes and Taxation*. 2020;5:1-17. DOI: 10.7256/2454-065X.2020.5.33517. (In Russ.).
12. Ryakhovskiy D.I. The transformation of tax control in modern conditions. *Modern Economy Success*. 2020;2:246-255. (In Russ.).
13. Tokarev S.I. Taxation of digital currencies (cryptocurrencies) in conditions of absence of any special legal regulation (legal vacuum). *Financial Law*. 2020;9:36-40. DOI: 10.18572/1813-1220-2020-9-36-40. (In Russ.).
14. Federal Tax Service of Russia. Documents. Official website. Documents. URL: <https://nalog.gov.ru/>. (In Russ.).
15. Federal State Statistics Service (Rosstat). Official website. Documents. URL: <https://rosstat.gov.ru/>. (In Russ.).
16. Shilova L.F. The institute of tax administration and the development of its tools in the conditions of the digital economy. *Innovative Development of Economy*. 2022;72:206-209. DOI: 10.51832/2223798420226206. (In Russ.).
17. Lv B., Zhang Zh. Reform of China's taxation system: from embedment in the economy to embedment in society. *The Journal of Chinese Sociology*. 2022;9:3.

Информация об авторах

Л.В. Брянцева – доктор экономических наук, профессор кафедры финансов и кредита ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра 1», blv2466@mail.ru.

И.В. Оробинская – доктор экономических наук, профессор кафедры финансов и кредита ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра 1», orob-irina@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.V. Orobinskaya, 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, orob-irina@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 15.01.2025; одобрена после рецензирования 26.02.2025; принята к публикации 04.03.2025.

The article was submitted 15.01.2025; approved after reviewing 26.02.2025; accepted for publication 04.03.2025.

© Брянцева Л.В., Оробинская И.В., 2025

**К 80-летию Победы над фашистской Германией
Факультет механизации сельского хозяйства
Воронежского сельскохозяйственного
института в годы Великой Отечественной
войны 1941–1945 гг.**



*Война, война, о ней не забыть!
До сих пор ее ужасы снятся.
Счастлив я: довелось пережить
Человечества злое проклятье.
Довелось уцелеть, но отметины есть:
И в душе, и на теле, и в памяти –
Не смогли, не смогли мы сберечь
Тех, кому предназначены памятники!*

В полдень 22 июня 1941 г. с официальным обращением по радио выступил министр иностранных дел Вячеслав Молотов, сообщив о нападении Германии на СССР и объявив о начале Отечественной войны. В этот же день в 14 часов в Воронежском сельскохозяйственном институте состоялся многочисленный митинг, на котором профессора, преподаватели, студенты, рабочие и служащие гневно осудили агрессию гитлеровской Германии. Участники собрания заверили, что *«отдадут все силы, а если нужно, и жизнь делу защиты завоеваний Октября, делу свободы и независимости социалистической Родины»* [7, с. 88].

27 июня 1941 г. коллектив факультета механизации сельского хозяйства Воронежского СХИ принял резолюцию, в которой содержался призыв: *«Всеми своими силами мы должны помогать воинам страны социализма добиться решительной победы над врагом»*, а также постановил *«считать себя мобилизованным для проведения во время летних каникул краткосрочных курсов по подготовке комбайнеров, штурвальных, трактористов и машинистов локомотивов из числа учащихся воронежских вузов, техникумов и средних школ»* [2]. Свыше 100 студентов факультета механизации сельского хозяйства приступили к занятиям, изъявив желание пройти курсы и выехать в МТС с целью *«всемерно помочь колхозам убрать вовремя и без потерь обильный урожай»* [2, с. 19]. Студенты обратились к преподавателям вузов, техникумов и школ с предложением организовать такие же курсы по подготовке кадров массовой квалификации для сельского хозяйства. На этих курсах работали преподаватели **Р.В. Лавров, Ф.И. Гаврилов, Ф.М. Курушин, Д.Ф. Маньков, С.А. Корчагин, П.Д. Третьяков** и др. Они обучили механизаторскому мастерству более 500 студентов и школьников старших классов, с которыми потом вместе убрали урожай [7, с. 88].

С 23 июня по 1 октября 1941 г. около 500 научных работников, студентов и служащих института с оружием в руках встали на защиту своей Родины. Среди добровольцев было немало работников факультета механизации сельского хозяйства.

Из докладной записки Воронежскому обкому ВКП(б) о перестройке работы Воронежского СХИ применительно к потребностям военного времени, выполнения спецзаказов для фронта, мобилизации рабочей силы на строительство оборонительных сооружений и молодежи в ремесленные училища и школы ФЗО: *«5. Выполняется огромная работа по проведению курсовых мероприятий. В частности, на курсах тракто-*

ристов и комбайнеров обучается 1486 чел. в том числе на курсах машинистов молотилок 173 чел. и на курсах председателей колхозов до 1200 чел. 6. Проводится большая работа по оказанию производственной помощи Воронежской области и, в частности, по реставрации и замене дефицитных запчастей менее дефицитными, привозного и дорогого топлива местным, дешевым топливом и т.д.» [5, ЛЛ. 1-2].

Преподаватели и студенты, оставшиеся в тылу, вступали в отряды народного ополчения, в истребительный батальон, в группы противовоздушной обороны, являвшиеся боевым резервом Красной Армии. Отныне каждый считал своим гражданским долгом работать после занятий несколько часов на заводе, в поле, на стройке, то есть там, где это было необходимо.

В ноябре 1941 г. была организована новая спецмастерская № 1 по производству автоматов ППШ, а учебно-механическая мастерская перешла на ремонт танков, бронемашин, автомобилей и тракторов. Работа началась с подбора состава работников мастерской. Свои услуги предложили зав. кафедрой физики – доцент **И.В. Жиленков**, зав. кафедрой сопромата и теоретической механики – доцент **П.Н. Житков**, доцент **Д.И. Терпугов**, ассистент кафедры математики **Н.К. Анищенко** и многие другие преподаватели и научные работники института [5, ЛЛ. 2-3].

Энтузиазм сотрудников института, которые, не считаясь со временем, участвовали в работе спецмастерской № 1, позволил выйти на выпуск 300 механизмов в месяц. На 20 июля было выпущено 155 механизмов, многие из них, смонтированные в автоматы, были отправлены на фронт, где показали себя как грозное боевое оружие [5, Л. 4].

Следует отметить, что свой вклад в оказание помощи фронту также внес коллектив спецмастерской № 2. Работать пришлось в тяжелых условиях. С 23 июня 1941 г. по 1 января 1942 г. сотрудники этой ремонтной площадки отремонтировали 21 танк, 5 бронемашин, 36 грузовых автомашин, 20 мот. автотракт., 41 трактор ЧТЗ (С-60 и С-65) [5, Л. 6].

От коллектива факультета механизации сельского хозяйства не отставали преподаватели, студенты и сотрудники других факультетов и подразделений вуза. Так, в химическом корпусе было организовано производство противотанковых зажигательных бутылок [7, с. 88].

Несмотря на переход на военные рельсы, работа сельскохозяйственного института не остановилась. Продолжались занятия, а осенью 1941 г. был осуществлен очередной набор студентов.

Весной и летом 1942 г. институт работал по типу учебно-военного лагеря. С приближением линии фронта к Воронежу 4 июня 1942 г. в институте был сформирован истребительный батальон, в его состав вошли многие преподаватели, сотрудники и студенты, в том числе **О.С. Егоров** (зам. декана факультета с 1955 по 1961 г.), **Н.В. Корзун** и др. [6].

Наступление немецко-фашистских войск на Воронеж началось 28 июня со стороны Курска и 30 июня со стороны Волчанска. С началом ожесточенных боев за Воронеж институт был эвакуирован на Алтай. В сентябре 1942 г. преподаватели, сотрудники и студенты прибыли в город Камень-на-Оби. Институт разместили в здании школы механизации сельского хозяйства, оборудование которой использовалось для учебы студентов. В конце октября 1942 г. начались занятия на факультетах. Пятилетний срок обучения был заменен на трехлетний, при сохранении объема программного материала, поэтому студенты занимались по 10–12 часов ежедневно. Кроме преподавательской деятельности сотрудники института работали в школе механизации, на курсах трактористов и на производстве.



Здание школы механизации сельского хозяйства в г. Камень-на-Оби, где размещался в эвакуации Воронежский СХИ.

Доцент **П.Д. Третьяков** на второй день после приезда в Алтайский край был направлен в Каменскую МТС. Сначала он работал помощником комбайнера, затем инженером, а вскоре директором МТС. **Н.И. Орехов** работал в должности механика МТС. Доцент **Ф.М. Курушин** был бригадиром, а **Д.Ф. Маньков** возглавлял бригаду комбайнёров. В период уборки урожая 1942 г. все они работали комбайнерами. Кроме того, они организовали три комбайновых звена из числа студентов. В 1942 г. силами факультета было убрано и обмолочено зерновых культур с площади 8 тыс. га, а в 1943 г. – 10 тыс. га. Участники уборки урожая часть натуральной оплаты за работу (зерно) передавали в фонд обороны. Также доцент **Ф.М. Курушин** пожертвовал в фонд обороны все заработанное им зерно. За этот патриотический поступок получил благодарственную телеграмму от Верховного Главнокомандующего **И.В. Сталина** [6, с. 25].



25 января 1943 г. советские войска под командованием генерал-майора И.Д. Черняховского освободили Воронеж от немецких войск! В феврале 1943 г. началось возвращение преподавательского состава и студентов СХИ. Учебно-производственная база ВСХИ, общежития, столовая, жилые дома были полностью разрушены.

В 1944 г. началось восстановление разрушенных корпусов СХИ, которое завершилось лишь к 1950-м годам.

Научные работники, служащие, рабочие и студенты на общественных началах отработали сотни тысяч часов на восстановительных работах. За помощь производству Алтайского края в период эвакуации и самоотверженную трудовую деятельность в военное время в 1946. Указом Президиума Верховного Совета СССР награждены медалями «За добросовестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.»:

И.В. Архангельский – зав. кафедрой теплотехники, профессор;

А.И. Петрусов – зав. кафедрой сельскохозяйственных машин, профессор;

П.Н. Житков – зав. кафедрой теоретической механики, доцент;

Ф.М. Курушин – зав. кафедрой прикладной механики, доцент;

И.В. Жиленков – зав. кафедрой физики, доцент;

Б.Л. Панферов зав. кафедрой математики, доцент;

Н.П. Александров – зав. кафедрой эксплуатации машинно-тракторного парка, доцент;

Л.С. Родионов – ассистент кафедры автотракторов;
А.Я. Гулан – зав. кафедрой тракторов, доцент;
П.Д. Третьяков – аспирант и ассистент кафедры эксплуатации;
Р.В. Лавров – доцент;
Д.Ф. Маньков – аспирант и ассистент;
Н.С. Милованов – старший лаборант кафедры физики;
М.Ф. Демидюк – лаборант кафедры электротехники;
О.С. Егоров и С.Д. Полонецкий – студенты;
Всего эту высокую награду получил 161 сотрудник ВСХИ [8].

В целом коллектив Воронежского сельскохозяйственного института внес серьезный вклад в борьбу с врагом. Не жалея сил и здоровья, а иногда и ценой жизни, профессора, преподаватели, студенты, рабочие и служащие достойно встретили суровые испытания, выполнив поставленные перед ними советским правительством задачи.

Участники Великой Отечественной войны – сотрудники агроинженерного факультета (факультета механизации сельского хозяйства)



Бржан Владислав Станиславович родился в 1922 г. Воевал старшим сержантом орудийного расчета 356-го артиллерийского полка 102-й стрелковой дивизии. Воинское звание – сержант.

Награжден: орденом **Красной Звезды**, орденом **Отечественной войны** II степени; **10** медалями.

В Воронежском СХИ с 1951 по 1983 г. работал старшим преподавателем кафедры физики [1, с. 63].



Котов Александр Андреевич родился 9 сентября 1924 г. Мобилизован в армию 25 апреля 1943 г. Воевал в пехоте Московской зоны обороны, на 2-м и 4-м Украинском фронтах. Воинское звание – сержант/капитан.

Награжден: орденами **Отечественной войны** I и II степени, **Славы** II, III степени, «**Знак Почета**» и **8** медалями, в том числе медаль «За отвагу» и медаль «За победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.» Ранен, инвалид I группы. В Воронежском СХИ работал с 1947 по 1991 г. После успешной защиты в 1969 г. диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему: «Исследование гидрообъемного привода рядковой жатки» присвоено звание доцента. С 1974 по 1977 г. занимал должность декана факультета механизации сельского хозяйства [1, с. 66].



Меркулов Семен Федорович родился в 1910 г. Мобилизован в армию в июне 1941 г. Воевал в 237-й стрелковой дивизии на Воронежском, 1-м и 4-м Украинском фронтах. Воинское звание – старший лейтенант.

Награжден: орденами **Отечественной войны** I и II степени, двумя орденами **Красной Звезды**; **11** медалями.

В Воронежском СХИ работал с 1962 по 1976 г., учебный мастер [1, с. 67].



Толоконцев Владимир Иванович родился 25 июня 1921 г. Мобилизован в армию в 1938 г. В 1940 г. участвовал в войне с Финляндией. Воевал на Карельском, Ленинградском, 3-м Прибалтийском и 1-м Украинском фронтах. Воинское звание – полковник в отставке (с правом ношения формы).

Награжден: кавалер двух орденов Отечественной Войны II степени, двух орденов Красной Звезды, медали «За боевые заслуги», «За оборону Ленинграда» и др. (всего 16 медалей).

В Воронежском СХИ работал с 1959 по 1997 г., старший преподаватель, инженер кафедры производственного обучения [1, с. 70].



Полонецкий Соломон Давидович родился в 1922 г. в г. Андижан Узбекской ССР. В 1939 г. с отличием окончил среднюю школу № 5 города Воронежа. В 1939–1941 гг. – студент Воронежского СХИ. Воинское звание – старшина. В сентябре 1941 г. добровольцем ушел на фронт. Участвовал в битве на Курской дуге. Весь период военной службы был заместителем политрука роты. В 1942 г. был тяжело ранен и лишился левой ноги. С февраля по июль 1943 г. – в составе 282-го стрелкового полка 175-й стрелковой дивизии на Центральном фронте, старшина роты.

Награжден медалями «За победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.», «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.», «За доблестный труд в ознаменование 100-летия со дня рождения В.И. Ленина».

В августе 1944 г. вернулся в ВСХИ, чтобы завершить образование. Соломон Давидович всю свою трудовую жизнь посвятил родному вузу, пройдя путь от студента-отличника (1939) до заведующего кафедрой СХМ (1965–1975) и декана факультета механизации сельского хозяйства (1962–1971) [6, с. 143–144].

За боевые заслуги на фронтах Великой Отечественной войны были удостоены звания Героя Советского Союза студенты факультета механизации сельского хозяйства



Владимир Васильевич Сапожников (1914–1982) – летчик, майор, Герой Советского Союза

В.В. Сапожников родился 14 июня 1914 г. в г. Якутске, в семье рабочего. В 1925–1934 гг. жил в городе Воронеже. Окончил 7 классов и школу ФЗУ. Учился в Воронежском сельскохозяйственном институте (ВСХИ) на факультете механизации. В Красной Армии с 1934 г. В 1937 г. окончил Энгельсскую военную школу летчиков. Участник освободительного похода советских войск в Западную Украину и Западную Белоруссию 1939 г., советско-финской войны 1939–1940 гг. Член ВКП(б) с 1941 г.

В боях Великой Отечественной войны участвовал с 1941 г. Заместитель командира эскадрильи 23-го авиационного полка майор В.В. Сапожников к апрелю 1944 г. совершил 360 боевых вылетов на бомбардировку скоплений войск противника, аэродромов, железнодорожных узлов и эшелонов, других военных объектов, а также на доставку боеприпасов и продовольствия нашим передовым частям. Общий боевой налет – 2180 часов, из них ночью – 1090 часов.

19 августа 1944 г. ему было присвоено звание *Героя Советского Союза*. За годы войны Владимир Васильевич был награжден **2 орденами Ленина и медалью «Золотая Звезда», 2 орденами Красного Знамени, 3 орденами Красной Звезды, медалями.**

После войны продолжал службу в ВВС. С 1957 г. подполковник Владимир Васильевич Сапожников – в запасе [4, с. 416–417].



Николай Семёнович Куракин (1914–1943) – летчик, капитан, Герой Советского Союза

Н.С. Куракин родился 24 декабря 1914 г. в крестьянской семье в деревне Соломоновка. Учился в Воронежском сельскохозяйственном институте (ВСХИ) *на факультете механизации*. В 1934 г. со второго курса института перешел в Энгельсскую военную школу летчиков, которую окончил в 1937 г. Участвовал в советско-финской войне 1939–1940 гг. В Великой Отечественной войне – с июня 1941 г. Член ВКП(б) с 1941 г. Командир корабля ТБ-3 Н.С. Куракин с первых дней войны выполнял боевые задания по бомбардировке аэродромов, железнодорожных узлов и других важных стратегических объектов в Польше, Бобруйске, Пинске, Вильнюсе. Он участвовал в бомбардировке крупных аэродромов противника в Брянске и Орле, а также скопления войск противника на подступах к Сталинграду, транспортировал боеприпасы войскам, обороняющим город. Принимал участие в отражении гитлеровского наступления на Москву, совершил пять ночных вылетов с посадкой на незнакомых площадках в тылу врага, доставляя боеприпасы и продовольствие окруженным частям и партизанам и увозя с собой раненых. 23 апреля 1942 г. вернулся с задания на горящем самолете, но сумел его посадить. В конце июня 1943 г. после выполнения боевого задания во время посадки капитан Н.С. Куракин получил компрессионный перелом шейного позвонка. Более трех недель врачи боролись за жизнь летчика, но 17 июля 1943 г. он умер. Похоронен на площади имени 25 Октября в Мичуринске.

Указом Президиума Верховного Совета СССР от 27 июля 1943 г. за образцовое выполнение заданий командования и проявленные при этом мужество и героизм капитану Куракину Николаю Семеновичу присвоено звание **Героя Советского Союза**. Награжден **орденом Ленина** (27.07.1943), двумя **орденами Красного Знамени** (05.12.1941; 18.08.1942) [3, с. 823].

Современное молодое поколение должно не только сохранить историческую память о беспримерном подвиге дедов и прадедов, но и приложить все усилия, чтобы быть достойными своих великих предков и быть готовыми стать на защиту своей Родины!

Список источников

1. Первый вуз Центрального Черноземья России: первые 100 лет; под общ. ред. профессора В.И. Котарева. Воронеж: Кварта, 2012. 528 с.
2. Воронежская область в Великой Отечественной войне: сборник документов и материалов. Воронеж: Воронежское областное книгоиздательство, 1948. С. 19.
3. Государственный архив общественно-политической истории Воронежской области. Ф. 3. Оп. 1. Д. 4213.
4. Оробинский В.И., Баскаков И.В., Чернышов А.В. и др. История кафедры сельскохозяйственных машин Воронежского агроуниверситета (СХИ) с 1915 по 2025 год. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2025. 219 с.
5. Шевченко В.Е., Филоненко С.И., Плаксин В.Н. и др. Первый вуз Центрального Черноземья России: К 90-летию Воронежского государственного аграрного университета им. К.Д. Глинки. Воронеж: Кварта, 2002. 512 с.
6. Воищев В.С. Это нужно – не мертвым! Это надо – живым!.. Сборник. К 70-летию Великой Победы советского народа над немецко-фашистскими захватчиками и их сателлитами / Составители: заслуженный профессор ВГАУ В.С. Воищев, доцент Е.А. Шендриков, директор музея истории ВГАУ А.В. Курынов. Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2014. 82 с.
7. Герои Советского Союза: Краткий биографический словарь в двух томах. Т. 2 (Любов – Ящук) / Пред. ред. коллегии И.Н. Шкадов. Москва: Воениздат, 1988. 863 с.
8. Герои Советского Союза: Краткий биографический словарь в двух томах. Т. 1 (Абаев – Любичев) / Пред. ред. коллегии И.Н. Шкадов. Москва: Воениздат, 1987. 911 с.

В.И. Оробинский, заслуженный профессор ВГАУ,
В.С. Воищев, заслуженный профессор ВГАУ,
Е.А. Шендриков, доцент, старший научный сотрудник

**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 – Мязин Николай Георгиевич, 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 – Ващенко Татьяна Григорьевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (4.1.2., 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 A4). 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 30.04.2025. Формат 60х84^{1/8}
Бумага офсетная. Объем 27,38 п.л. Гарнитура Times New Roman.
Тираж 50 экз. Заказ № 27194
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

