

ISSN 2071-2243

DOI: 10.53914/issn2071-2243

EDN: FCMUOW

# ВЕСТНИК

Воронежского государственного  
аграрного университета

Теоретический  
и научно-практический  
журнал

*Том 19, 2(89) • 2026*



ISSN 2071-2243

DOI: 10.53914/issn2071-2243

EDN: FCMUOW

# ВЕСТНИК

ВОРОНЕЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

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

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

Издается с 1998 года

Периодичность – 4 выпуска в год

**Том 19,  
выпуск 2(89)**

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2026\_2

ВОРОНЕЖ  
ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ  
2026

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

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

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

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

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

**Вестник включен в Перечень рецензируемых научных изданий,  
в которых должны быть опубликованы основные научные  
результаты диссертаций на соискание ученой степени  
кандидата наук, на соискание ученой степени доктора  
наук, № 436 по состоянию на 29.06.2026**

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

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

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

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ISSN 2071-2243

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается

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

© ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2026

ISSN 2071-2243

DOI: 10.53914/issn2071-2243

EDN: FCMUOW

# VESTNIK

OF VORONEZH STATE AGRARIAN UNIVERSITY

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

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

Published since 1998  
Periodicity – 4 issues per year

**Volume 19,  
Issue 2(89)**

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2026\_2

VORONEZH  
Voronezh SAU  
2026

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

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

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

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

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

**Vestnik is included in the List of Peer-Reviewed Scientific Periodicals  
recommended for publishing the major research results of dissertations  
for candidate and doctorate degrees (No. 436 as of June 29, 2026)**

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

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

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

## EDITORIAL BOARD

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ISSN 2071-2243

No fee is charged from postgraduate students for publications

Founder: Voronezh SAU

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

© Voronezh SAU, 2026



# ВЕСТНИК

ВОРОНЕЖСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА



Основан в 1998 г.  
Выходит 4 раза в год

## СОДЕРЖАНИЕ CONTENTS

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

**Медведев Д.А., Новичихин А.М.**

Тенденции изменения плодородия пахотных почв Воронежской области  
в процессе их длительного сельскохозяйственного использования

**Medvedev D.A., Novichikhin A.M.**

Arable soils fertility trends in Voronezh Oblast during their long-term agricultural utilization .....12

**Илларионов А.И., Попов А.А.**

Сравнительная эффективность применения гербицидов при выращивании  
подсолнечника по технологиям Клеарфилд и Экспресс

**Illarionov A.I., Popov A.A.**

Comparative evaluation of the effectiveness of herbicides' application in sunflower  
plantings cultivated according to Clearfield and Express technologies ..... 21

**Разумова Е.В., Орлова Ю.В., Олейникова Е.М.**

Морфологические особенности, географическое распространение на территории  
России, фитосанитарный статус *Buglossoides arvensis* (L.) I.M. Johnst., имеющего  
карантинное значение в странах – импортерах российского зерна

**Razumova E.V., Orlova Yu.V., Oleynikova E.M.**

Morphological features, geographical distribution in the territory of Russia, phytosanitary  
status of *Buglossoides arvensis* (L.) I.M. Johnst., which is of quarantine restrictions  
in Russian grain-importing countries .....30

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

**Пинаева А.С., Ельшаева И.В.**

Динамика накопления микроэлементов при однократном внесении удобрения  
на основе осадка сточных вод в системе «дерново-подзолистая почва – растение»

**Pinaeva A.S., Elshaeva I.V.**

Dynamics of accumulation of microelements in response to single application  
of sewage sludge based fertilizer in "soddy-podzolic soil – plant" system .....38

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

**Кальченко Е.Ю., Ноздрачева Р.Г.**

Влияние параметров кроны привойно-подвойных комбинаций сливы домашней  
на потенциал продуктивности в условиях лесостепи ЦЧР

**Kalchenko E.Yu., Nozdracheva R.G.**

Productivity potential of common plum depending on crown parameters of scion-rootstock  
combinations in the forest-steppe conditions of the Central Chernozem Region .....49

---

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

---

**Куликов Ю.А., Куликова Е.В.**

Дистанционное зондирование и мониторинг динамики развития растительного покрова рекультивируемых территорий

**Kulikov Yu.A., Kulikova E.V.**

Remote sensing and monitoring the dynamics of vegetation cover development

in reclaimed territories .....60

---

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)

---

**Саенко Ю.В., Страхов В.Ю., Казаков К.В., Крюков А.Н.**

Обоснование использования экструдированного пенополистирола в качестве утеплителя кровли для оптимизации микроклимата в животноводческих помещениях

**Saenko Yu.V., Strakhov V.Yu., Kazakov K.V., Kryukov A.N.**

Justification of extruded polystyrene foam usage as roof insulation to optimize

the microclimate in livestock facilities .....68

---

**Тарабрин Д.С., Гулевский В.А., Оробинский В.И., Савушкин С.Н.**

Определение энергоэффективности методов регулирования скорости воздуха в вертикальном пневмоканале для реализации системы автоматического управления в зерноочистительных машинах и воздушно-решетных сепараторах

**Tarabrin D.S., Gulevsky V.A., Orobinsky V.I., Savushkin S.N.**

Determination of energy efficiency of methods for regulating air velocity in a vertical pneumatic channel for the implementation of an automatic control system in grain

cleaning machines and air-sieve separators .....79

---

4.3.2. ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И  
ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)  
4.3.2. ELECTROTECHNICS, ELECTRICAL EQUIPMENT AND ELECTRICAL POWER SUPPLY  
FOR AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX (ENGINEERING SCIENCES)

---

**Угловский А.С., Белов А.А.**

Разработка мобильной роботизированной системы для высокоточного лазерного уничтожения сорных растений с использованием нейросетевого анализа и гальванометрического сканирования

**Uglovskii A.S., Belov A.A.**

Development of a mobile robotic system for high-precision laser weed destroying using neural network analysis and galvanometric scanning.....90

---

**Кириллов С.В., Виноградов А.В., Виноградова А.В.**

Основные показатели надежности электроснабжения сельских потребителей от электрических сетей железных дорог

**Kirillov S.V., Vinogradov A.V., Vinogradova A.V.**

Key indicators of power supply reliability of rural consumers fed from railway electrical grids .....102

---

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

---

**Меренкова И.Н.**

Пространство сельских территорий: концепция развития в условиях периферизации

**Merenkova I.N.**

Rural space: a concept of development in the context of peripheralization .....118

---

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Коротина Н.Ю., Данилова И.В., Карпушкина А.В., Деева В.П.</b><br>Промышленная политика повышения технологической самодостаточности РФ:<br>цели и ресурсы реализации в индустриальных регионах<br><b>Korotina N.Yu., Danilova I.V., Karpushkina A.V., Deeva V.P.</b><br>Industrial policy of technological self-sufficiency of the Russian Federation:<br>goals and resources for implementation in industrial regions .....         | 130 |
| <b>Китаёв Ю.А., Селюков М.В., Шалыгина Н.П., Цевенкова Е.О.</b><br>Особенности развития логистики экспорта зерновых культур в структуре<br>внешнеторговой деятельности АПК регионов России<br><b>Kitaev Yu.A., Selyukov M.V., Shalygina N.P., Tsevenkova E.O.</b><br>Features of the development of grain export logistics in the structure of foreign<br>trade activities of Agro-Industrial Complexes of the regions of Russia ..... | 149 |
| <b>Евграфова Л.В., Муравьева М.В.</b><br>Ресурсно-экономический потенциал сельскохозяйственного производства<br>как основа диверсификации сельской экономики<br><b>Evgrafova L.V., Muravyeva M.V.</b><br>Resource & economic potential of agricultural production as a basis for rural<br>economy diversification .....                                                                                                                | 161 |
| <b>Малицкая В.Б., Коноваленко И.Е., Лытнева Н.А., Леонова Н.В.</b><br>Анализ практики отражения в отчетности биологических активов в соответствии<br>с российскими и международно признанными стандартами<br><b>Malitskaya V.B., Konovalenko I.E., Lytneva N.A., Leonova N.V.</b><br>Analysis of biological assets reporting policies in line with the Russian and internationally<br>acceptable accounting standards .....            | 174 |
| <b>Недикова Е.В., Яншин А.С.</b><br>Динамика земель сельскохозяйственного назначения Центрально-Черноземного<br>экономического района и их качественное состояние<br><b>Nedikova E.V., Yanshin A.S.</b><br>Dynamics of agricultural lands in the Central Chernozem Economic Region and their<br>qualitative description .....                                                                                                          | 185 |
| <b>Недигов К.Д.</b><br>Технико-экономическое обоснование проектирования и создания инфраструктурных<br>элементов организации территории сельскохозяйственного предприятия<br><b>Nedikov K.D.</b><br>Feasibility study of the design and creation of infrastructural elements of territorial arrangement<br>of an agricultural enterprise .....                                                                                         | 193 |
| <b>5.2.4. ФИНАНСЫ (ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)</b><br><b>5.2.4. FINANCE (ECONOMIC SCIENCES)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |
| <b>Улезько А.А., Маслов Н.В., Копиев А.А.</b><br>Особенности формирования основного капитала в аграрном секторе экономики<br>России в современных условиях<br><b>Ulez'ko A.A., Maslov N.V., Kopiev A.A.</b><br>Features of the formation of fixed capital in the agricultural sector of the Russian<br>economy in modern conditions .....                                                                                              | 200 |
| <b>НАУЧНАЯ ЖИЗНЬ</b><br><b>SCIENTIFIC ACTIVITIES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |     |
| Советы по защите докторских и кандидатских диссертаций, созданные на базе<br>Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I<br>Doctoral and Candidate Science-Degree Councils Formed on the Basis<br>of Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great .....                                                                                                                    | 212 |
| Информация для авторов<br>Information for the authors .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 213 |

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

Научная статья

УДК 631.452:631.416 (470.324)

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2026\_2\_12

EDN: FGyIIV

### Тенденции изменения плодородия пахотных почв Воронежской области в процессе их длительного сельскохозяйственного использования

Дмитрий Александрович Медведев<sup>1✉</sup>, Александр Митрофанович Новичихин<sup>2</sup>

<sup>1, 2</sup> Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева,

Таловский район, Воронежская область, Россия

<sup>1</sup> medwedewdimas@yandex.ru<sup>✉</sup>

**Аннотация.** В условиях нарастающей антропогенной нагрузки и интенсификации земледелия почва подвергается существенным качественным трансформациям. Агрохимический мониторинг как система регулярных наблюдений позволяет не только диагностировать текущее состояние плодородия пашни, но и выявлять долгосрочные тренды деградационных процессов, таких как дегумификация, закисление и истощение запасов питательных элементов. Представлены результаты комплексного анализа многолетней динамики основных показателей плодородия пахотных почв Воронежской области. Исследование основано на материалах сплошного агрохимического обследования, проведенного Воронежским филиалом ФГБУ «РосАгрохимслужба» за период с 1964 по 2025 г., в который вошли 11 полных циклов мониторинга плодородия почв. Установлено, что за указанный временной интервал произошла существенная трансформация физико-химических свойств черноземов. Выявлен устойчивый тренд нарастания обменной кислотности почв  $pH_{KCl}$ , наиболее выраженный с 8-го тура агрохимического обследования (2006–2010 гг.). Данный процесс обусловлен интенсификацией применения физиологически кислых удобрений на фоне многолетнего дефицита известкования. Содержание гумуса долгое время оставалось стабильным, однако начиная с 9-го цикла (2011–2015 гг.) была выявлена дегумификация пашни региона, особенно в Воробьевском, Таловском и Семилукском районах. Кроме того, зафиксирован существенный рост обеспеченности пашни подвижными формами фосфора и калия, что связано с увеличением их поступления с минеральными удобрениями. Для первого элемента этот рост характеризуется зональной дифференциацией с юго-востока на северо-запад региона. Полученные результаты имеют важное значение, так как показывают необходимость расширения объемов химической мелиорации почв.

**Ключевые слова:** агрохимический мониторинг, органическое вещество почвы, кислотность, подвижные формы фосфора и калия, долгосрочные тренды

**Для цитирования:** Медведев Д.А., Новичихин А.М. Тенденции изменения плодородия пахотных почв Воронежской области в процессе их длительного сельскохозяйственного использования // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, № 2(89). С. 12–20. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_12](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_12)–20.

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

Original article

### Arable soils fertility trends in Voronezh Oblast during their long-term agricultural utilization

Dmitry A. Medvedev<sup>1✉</sup>, Aleksandr M. Novichikhin<sup>2</sup>

<sup>1, 2</sup> Voronezh Federal Agricultural Scientific Center named after V.V. Dokuchaev,

Talovsky District, Voronezh Oblast, Russia

<sup>1</sup> medwedewdimas@yandex.ru<sup>✉</sup>

**Abstract.** Under increasing anthropogenic load and intensification of agriculture, the soil undergoes significant qualitative transformations. Agrochemical monitoring as a system of regular observations allows not only to diagnose the current state of arable land fertility, but also to identify long-term trends in degradation processes such as dehumification, acidification and nutrient depletion. The results of an in-depth analysis of the long-term dynamics of the main indicators of fertility of arable soils in Voronezh Oblast are presented. The study is based on materials from a comprehensive agrochemical survey conducted at Voronezh Branch of Agrochemical Service of Russia for the period from 1964 to 2025, which included 11 complete cycles of soil fertility monitoring. It has been established that a significant transformation of the physico-chemical properties of chernozem soils took place during the specified time interval. A steady trend of increasing the reverse acidity of soils  $pH_{KCl}$ , was revealed, which has been most pronounced

since Cycle 8 of the agrochemical survey (2006-2010). This process is due to the intensification of physiologically acidic fertilizers' application against the background of a long-term shortage of liming. The humus content for a long time remained stable, however, starting from Cycle 9 (2011-2015), dehumification of the region's arable land was detected, especially in Vorobyovsky, Talovsky and Semiluksky districts. In addition, there was a significant increase in the availability of labile forms of phosphorus and potassium in arable land, which is associated with an increase in their intake from mineral fertilizers. For the first element, this increase is characterized by zonal differentiation from the southeast to the northwest of the region. The results obtained are important because they show the need to expand the scope of chemical soil reclamation.

**Keywords:** agrochemical monitoring, soil organic matter, acidity, labile forms of phosphorus and potassium, long-term trends

**For citation:** Medvedev D.A., Novichikhin A.M. Arable soils fertility trends in Voronezh Oblast during their long-term agricultural utilization. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(2):12-20. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_12-20](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_12-20).

Основным природным ресурсом Воронежской области, определяющим экологический и экономический потенциал, являются уникальные черноземные почвы, которые занимают большую часть территории региона. Высокое содержание гумуса и оптимальная структура воронежских черноземов позволяют рассматривать их не только как региональное достояние, но и как ключевой элемент обеспечения продовольственной безопасности страны в целом.

Несмотря на высокий природный потенциал, черноземы Воронежской области в современных условиях подвержены различным формам деградации, включая дегумификацию, водную эрозию и подкисление [3, 10, 19]. С целью своевременного выявления негативных изменений и разработки корректирующих мероприятий в регионе осуществляется систематический мониторинг состояния почв.

Важным инструментом контроля выступает государственное агрохимическое обследование, проводимое с периодичностью один раз в пять лет, что позволяет оперативно обновлять данные о содержании питательных веществ и динамике плодородия пашни. К числу основных исследуемых параметров плодородия относятся: содержание в пахотном слое почв органического вещества, подвижных форм фосфора и калия, а также степень кислотности.

Исследование проводили с целью изучения и анализа динамики основных показателей плодородия пахотных почв Воронежской области по данным агрохимического мониторинга за 60-летний период.

Воронежская область расположена в центральной части Восточно-Европейской равнины. Рельеф территории характеризуется сочетанием сильно расчлененной Среднерусской возвышенности на западе, пологоволнистой Окско-Донской низменности на востоке и Калачской возвышенности на юго-востоке.

Регион находится в пределах двух природных зон – лесостепной и степной. Первая из них относится к Окско-Донской провинции, где почвенный покров представляют умеренно промерзающие оподзоленные, выщелоченные, типичные черноземы, а также серые лесостепные почвы [2, 5]; вторая – к Южнорусской провинции теплых промерзающих обыкновенных и южных черноземов. Границей между ними, по мнению Л.П. Паршутиной, можно считать условную линию: долина нижнего течения р. Оскол – нижнее течение рек Черная Калитва – Дон, от устья р. Черная Калитва до начала р. Криуша – долина р. Криуша – устье р. Бузулук [15].

Климат территории – умеренно-континентальный, с выраженным градиентом нарастания засушливости в юго-восточном направлении.

По данным государственного учета по состоянию на 01.01.2025 земельный фонд Воронежской области составлял 5221,6 тыс. га, из которых 4072,1 тыс. га приходилось на земли сельскохозяйственного назначения и 3043,8 тыс. га – на пашню [9].

В основу работы легли архивные материалы сплошного агрохимического обследования пахотных почв региона Воронежским филиалом ФГБУ «РосАгрохимслужба» за 11 туров агрохимического обследования, которые охватывают временной интервал с 1964 по 2025 г. [16].

Полевой этап агрохимического обследования пахотного слоя почвы (0–25 см) осуществлялся путем смешивания и объединения 20 почвенных проб с каждой 15 га площади пашни. Дальнейшие лабораторные исследования включали в себя определение органического вещества по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-2021 [7]), подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26204-91 [6]), pH солевой вытяжки методом ЦИНАО (ГОСТ 26483-85 [8]).

В условиях интенсивного земледелия Воронежской области роль ключевого регулятора почвенного плодородия выполняет гумус. Он не только выступает в качестве источника макро- и микроэлементов для питания растений, но и обеспечивает структурную устойчивость черноземов к физической деградации, а также высокую буферную способность ППК к антропогенному закислению [13]. Сохранение и воспроизводство гумусового фонда является обязательным условием поддержания продуктивного долголетия агроландшафтов региона.

Согласно данным агрохимического обследования средневзвешенное содержание гумуса в пашне региона долгое время находилось на одном уровне – с 1-го по 8-й тур оно составляло 5,61–5,67% (рис. 1).

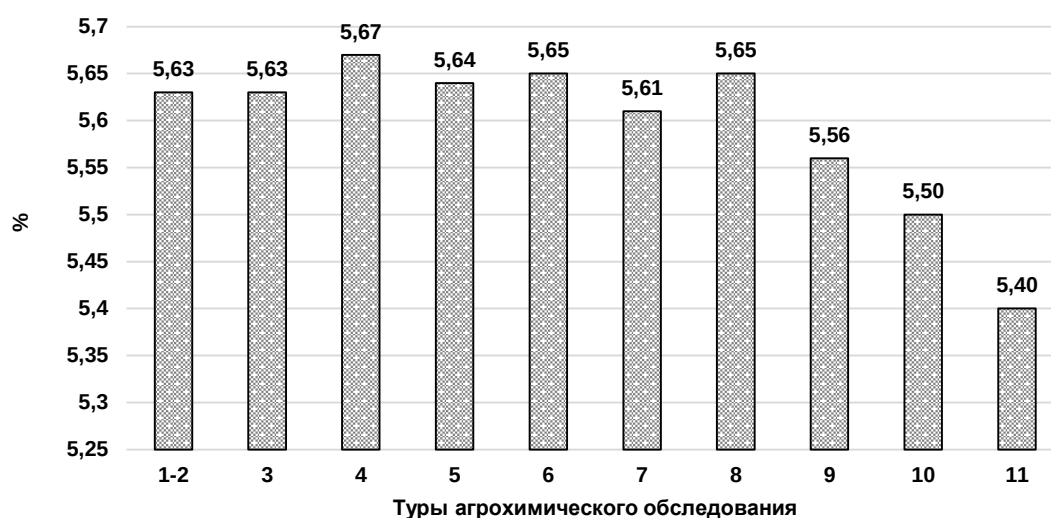


Рис. 1. Динамика изменения содержания органического вещества в пашне Воронежской области [16].  
Здесь и далее: 1 – 1964–1970 гг.; 2 – 1971–1978 гг.; 3 – 1979–1985 гг.; 4 – 1986–1990 гг.; 5 – 1991–1995 гг.; 6 – 1996–2000 гг.; 7 – 2001–2005 гг.; 8 – 2006–2010 гг.; 9 – 2011–2015 гг.; 10 – 2016–2020 гг.; 11 – 2021–2025 гг.

Однако начиная с 9-го цикла наблюдается тенденция снижения содержания органического вещества в пашне региона. Так, в 11-м туре данный показатель стал составлять 5,40%, что на 0,10 и 0,16% меньше, чем в 10-м и 9-м циклах соответственно. Вероятно, это связано со снизившимися объемами внесения органических удобрений (рис. 2).

В разрезе муниципальных районов за 60-летний период произошли следующие изменения: наиболее существенное снижение органического вещества характерно для пашни Воробьевского (с 6,32 до 5,40%), Таловского (с 6,37 до 5,60%) и Семилукского (с 6,10 до 5,50%) районов. Указанные районы исторически являются зонами интенсивного выращивания пропашных культур, которые требуют многократных междурядных обработок. Это усиливает доступ кислорода в почву, что приводит к ускоренной минерализации гумуса. Кроме того, дегумификации могло способствовать развитие эрозийных процессов [4, 11, 18].

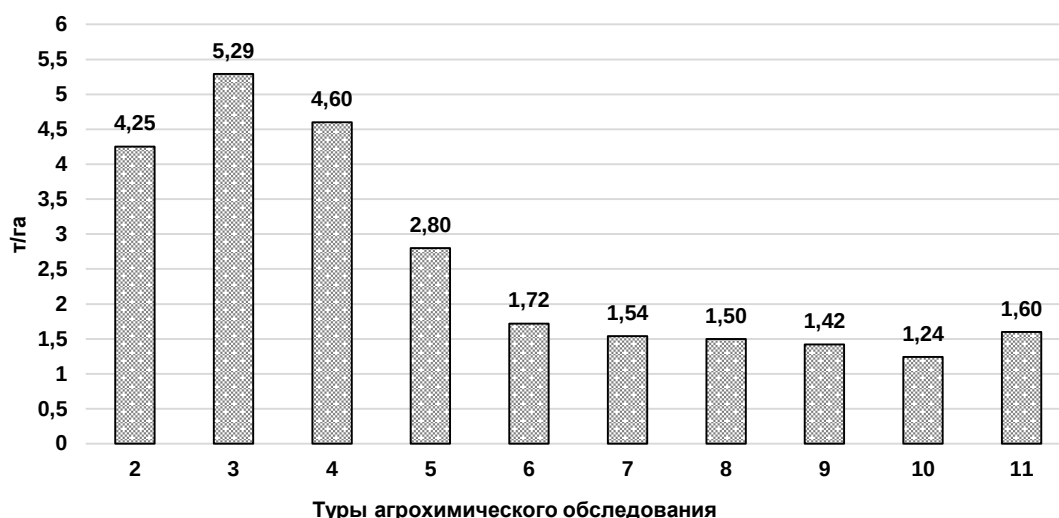


Рис. 2. Динамика внесения органических удобрений в пашню Воронежской области [16]

Для 3 из 32 районов области характерно увеличение содержания гумуса, которое составило в Верхнемамонском районе 0,30%, Острогожском – 0,15 и Бобровском – 0,14%. Положительная динамика, по нашему мнению, обусловлена присутствием в указанных районах крупных агропромышленных холдингов, занимающихся животноводством, вследствие чего пашня характеризуется большей обеспеченностью органическими удобрениями.

Фосфор выступает основным регулятором энергетического обмена и репродуктивного развития сельскохозяйственных культур, оказывает прямое влияние на формирование корневой системы и качество урожая, повышая зимостойкость пшеницы, сахаристость сахарной свеклы, масличность семян подсолнечника [1]. С 1-го по 3-й циклы агрохимического обследования содержание подвижного фосфора в пашне Воронежской области составляло 74–78 мг/кг почвы (рис. 3).

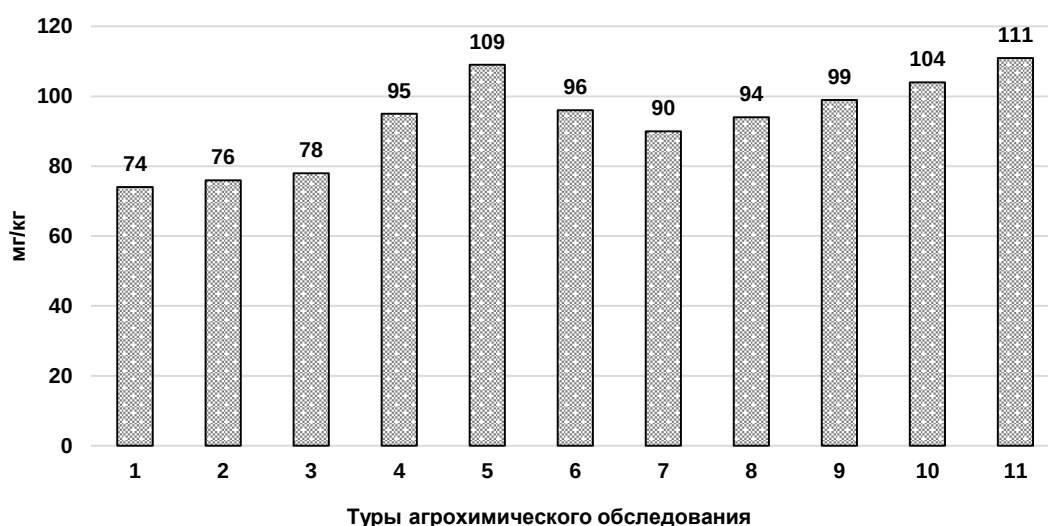


Рис. 3. Динамика изменения содержания подвижного фосфора в пашне Воронежской области [16]

Данные 4-го и 5-го туров свидетельствуют об увеличении содержания подвижного фосфора, которое к 5-му циклу достигло 109 мг/кг, что на 14 и 31 мг/кг больше, чем в 4-м и 3-м. Далее содержание подвижных фосфатов снижалось, и к 7-му циклу обследования обеспеченность ими пашни Воронежской области составляла 90 мг/кг, что

на 6 и 19 мг/кг почвы меньше, чем в 5-м и 4-м турах. Начиная с 8-го тура средневзвешенное содержание  $P_2O_5$  постепенно увеличивалось и по результатам 11-го цикла достигло 111 мг/кг почвы, что является наибольшим значением за весь период мониторинга. Это произошло благодаря увеличению объемов применения фосфорных удобрений (рис. 4).

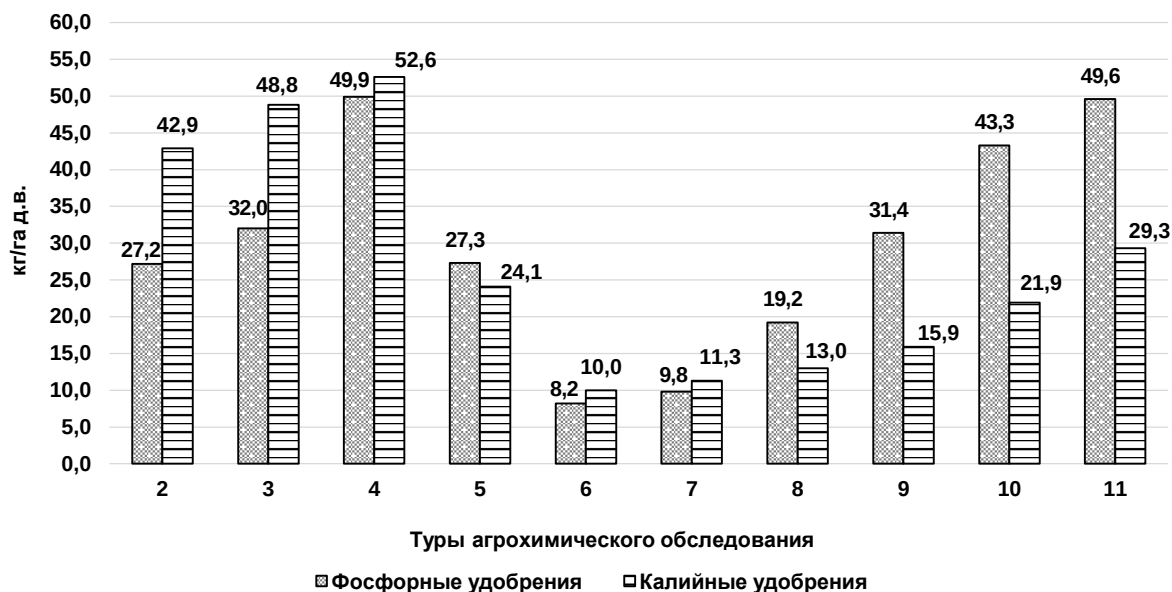


Рис. 4. Динамика поступления фосфорных и калийных удобрений в пашню Воронежской области [16]

Изменение содержания подвижных фосфатов подчиняется зональности: с юго-востока на северо-запад Воронежской области обеспеченность пашни этим элементом возрастает наибольшими темпами. Так, если в Петропавловском, Калачеевском и Верхнеаманском районах средневзвешенное содержание  $P_2O_5$  увеличилось на 23, 28 и 28 мг/кг, то в Острогожском, Хохольском и Нижнедевицком районах – соответственно на 53, 53 и 62 мг/кг. В этом же направлении увеличивается влагообеспеченность территории. Лучшие условия увлажнения способствуют более быстрому растворению удобрений и переходу в почвенный раствор, а затем в почвенный поглощающий комплекс (ППК). На засушливом юго-востоке эффективность удобрений ниже, и их переход в подвижное состояние затруднен из-за недостатка влаги. Более того, почвы юго-восточных районов богаты свободными карбонатами ( $CaCO_3$ ), которые характеризуются близким залеганием к поверхности. В щелочной среде внесенный фосфор мгновенно вступает в реакцию с кальцием, образуя труднорастворимые двух- и трехзамещенные фосфаты кальция, которые не определяются методом Чирикова.

Важным показателем плодородия почв является калийный режим. Калий является ключевым фактором адаптивной устойчивости агроценозов к абиотическим стрессам – засухе и низким отрицательным температурам. Регулируя водный баланс и способствуя накоплению запасных веществ (сахаров в корнеплодах свеклы и узлах кущения пшеницы), калий напрямую определяет качественные показатели растениеводческой продукции [17].

Интенсивное накопление подвижного калия пашней Воронежской области происходило с 1-го по 5-й цикл агрохимического обследования, когда его средневзвешенное содержание увеличилось со 113 до 128 мг/кг почвы (рис. 5). Это произошло в результате активной химизации и увеличения объемов внесения калийных удобрений, что привело к постепенной аккумуляции калия в почвенно-поглощающем комплексе (рис. 4).



По итогу 6-го цикла обследования обеспеченность почв региона рассматриваемым элементом осталась на том же уровне. Однако на протяжении следующего десятилетнего периода содержание калия в почвах региона снижалось и по итогу 8-го тура составило 123 мг/кг, что на 4 мг/кг меньше, чем в 7-м. Но, начиная с 9-го цикла обследования, наблюдается положительная динамика обеспеченности почв этим элементом: его средневзвешенное содержание по данным 11-го тура составило 139 мг/кг почвы, что на 4 и 11 мг/кг больше, чем в 10-м и 9-м циклах.

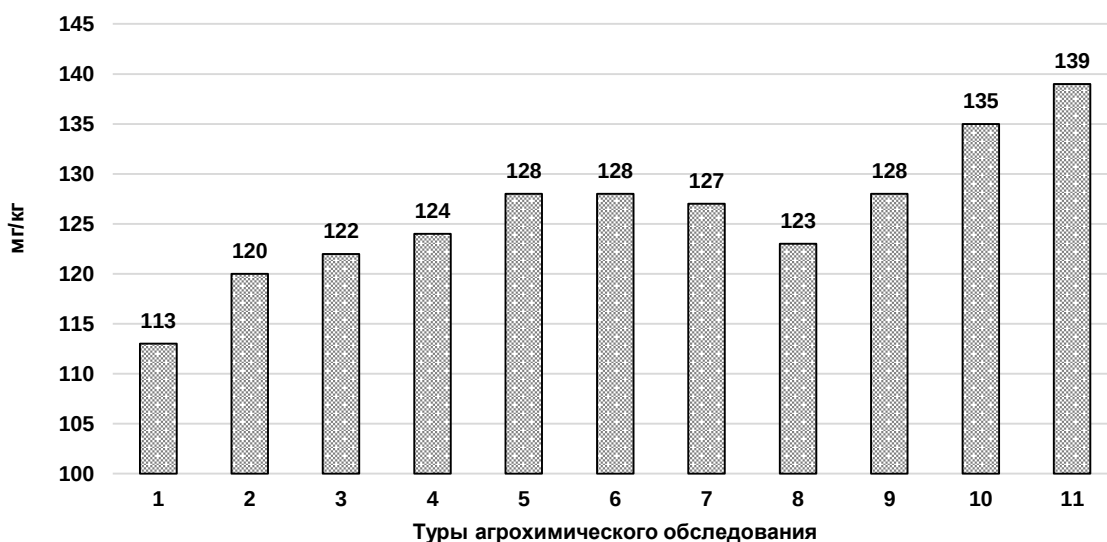


Рис. 5. Динамика изменения содержания калия в пашне Воронежской области [16]

В целом для 31 из 32 районов характерна положительная динамика содержания в почве калия, за исключением Репьевского района, где произошло снижение этого показателя плодородия на 23 мг/кг почвы. К числу районов, где за 60-летний период средневзвешенное содержание калия увеличилось наиболее существенно, относятся: Нижнедевицкий (+74 мг/кг), Острогожский (+52 мг/кг), Каменский (+52 мг/кг), Кантемировский (+52 мг/кг), Поворинский (+45 мг/кг), Подгоренский (+43 мг/кг), Новоусманский (+43 мг/кг), Ольховатский (+41 мг/кг). С одной стороны, это связано с увеличением поступления обменного калия в пашню области с минеральными удобрениями (рис. 5), с другой – вследствие его накопления в побочной продукции. Если раньше богатую калием солому зерновых и побочную продукцию других культур вывозили с полей для использования на корм и подстилку животным, то в последние годы она измельчается и остается в поле, тем самым обогащая ее калием.

Кислотность почв выступает лимитирующим фактором реализации потенциального плодородия черноземов. Нарастающие процессы антропогенного подкисления могут приводить к блокировке подвижных фосфатов, подавлению микробиологической активности и токсическому угнетению корневых систем сельскохозяйственных культур [12]. В условиях региона, где доминируют черноземные почвы, контроль pH и своевременная химическая мелиорация являются необходимыми условиями предотвращения физико-химической деградации почвенного покрова.

Учет кислых почв в регионе стал проводиться агрохимической службой с начала 3-го цикла крупномасштабных почвенных и агрохимических изысканий. За указанный промежуток времени 0,1% площади пашни области характеризовалось очень сильно-кислой, 0,2 – сильнокислой, 3,5 – среднекислой, 19,6 – слабокислой, 25,8 – близкой к нейтральной и 50,8% – нейтральной реакцией среды pH<sub>KCl</sub> (рис. 6).

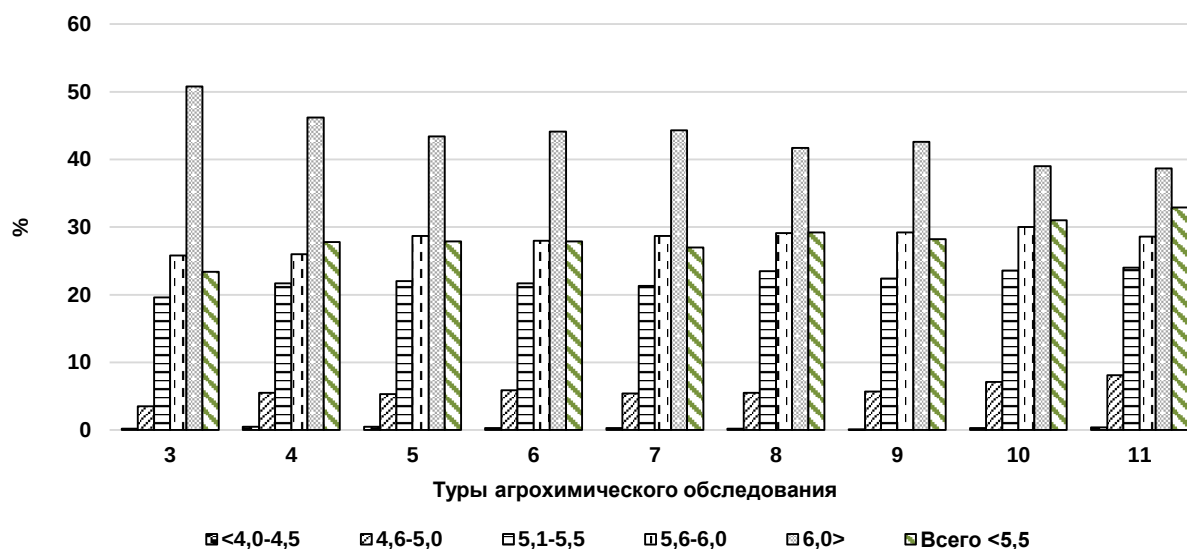


Рис. 6. Динамика распределения почв Воронежской области по группировкам степени кислотности  $pH_{KCl}$  [16]

Данные 4-го тура обследования свидетельствуют о перераспределении площадей почв из нейтральных, доля которых составляла 46,2%, в группировки с более кислой реакцией среды, которые стали занимать 27,8% площади пашни. Далее, вплоть до 7-го цикла, реакция среды существенным образом не изменялась. Однако, начиная с 8-го тура обследования, происходит постепенное подкисление почв Воронежской области. Так, в 11-м цикле кислые почвы стали занимать 32,9% площади пашни, что на 1,9, 4,7 и 3,7% больше, чем в 10-м, 9-м и 8-м соответственно.

Особенно остро стоит вопрос увеличения доли кислых почв в отдельных муниципальных районах Воронежской области. Так, в ходе анализа динамики изменения реакции среды было установлено, что наибольший прирост площадей кислых почв за период с 1979 по 2025 г. произошел в Петропавловском (с 13,8 до 65,6%), Павловском (с 23,6 до 50,7%), Верхнемамонском (с 7,7 до 31,0%), Хохольском (с 15,4 до 38,3%) и Бобровском (с 40,4 до 62,5%) районах. Следует уделить особое внимание изменению реакции среды в Ольховатском, Россошанском и Подгоренском районах, где исторически доля кислых почв не превышала 2%. Актуальные данные агрохимического обследования свидетельствуют об ее увеличении соответственно до 15,8, 11,9 и 9,0%. Это может быть связано с тем, что указанные районы характеризуются наличием значительных площадей легкосуглинистых и супесчаных почв, буферная способность которых существенно ниже, чем у глинистых.

Отмеченный с 8-го тура рост доли кислых почв в Воронежской области обусловлен переходом аграрного сектора к интенсивным технологиям при недостаточной химической мелиорации [14]. Антропогенная нагрузка (высокие дозы азотных удобрений и вынос кальция урожаями) превысила природную буферную способность черноземов, истощенную в результате дефицита известкования и снижения содержания гумуса, что привело к деградации почвенного поглощающего комплекса и росту обменной кислотности даже в тех районах, которые исторически считались устойчивыми.

Таким образом, содержание органического вещества в пахотных почвах Воронежской области долгое время было стабильным и находилось на уровне 5,61–5,67%. Однако данные 11-го цикла агрохимического обследования свидетельствуют о снижении этого показателя плодородия до 5,40%, что связано с нарушением баланса между минерализацией и гумификацией при достаточно низких объемах внесения органических удобрений.

Обеспеченность почв региона подвижным фосфором в настоящее время выше, чем в советский пик химизации сельского хозяйства, а именно – 111 мг/кг почвы, что соответствует повышенному его содержанию. В ходе анализа данных было выявлено, что увеличение содержания фосфора происходит в направлении с юго-востока на северо-запад.

За последние 60 лет средневзвешенное содержание подвижного калия в регионе увеличилось на 23% (с 113 до 139 мг/кг) и характеризуется как высокое. Несмотря на временный спад в конце 90-х, общая динамика – положительная. Столь высокие показатели, наряду с природными свойствами воронежских черноземов (тяжелый гранулометрический состав, богатство гидрослюдами), благодаря которым они накапливали калий, активно вносимый в 80-е годы, обусловлены уменьшением отчуждения с полей побочной продукцией культур, в составе которой, как правило, более высокое содержание калия, чем в основной продукции. Это позволило избежать резкого снижения содержания при рухнувших объемах внесения минеральных удобрений в последующие годы.

Процесс подкисления пахотных почв в Воронежской области приобрел массовый характер. Доля кислых почв в структуре пашни увеличилась с 23,4 до 32,9%. Подавляющее большинство районов демонстрирует устойчивый и часто очень значительный рост доли кислых почв. В районах, которые изначально имели очень низкую долю кислых почв (Ольховатский, Россошанский, Подгоренский), наблюдается резкий рост этого показателя, что свидетельствует об истощении их естественной буферной способности. Нарастающая кислотность является прямым следствием интенсивного земледелия (высокие дозы азотных удобрений, вынос кальция высокоурожайными культурами) и недостаточного внимания к известкованию в постсоветский период.

#### Список источников

1. Адерихин П.Г. Фосфор в почвах и удобрениях Центрально-Черноземной полосы: монография. Воронеж: Воронежский государственный университет, 1970. 248 с.
2. Ахтырцев Б.П., Ахтырцев А.Б. Почвенный покров Среднерусского Черноземья: монография. Воронеж: Воронежский государственный университет, 1993. 216 с.
3. Ахтырцев Б.П., Ахтырцев А.Б., Яблонских Л.А. Почвы Воронежской области // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2006. № 1. С. 85–95.
4. Ахтырцев Б.П., Бугаев В.А., Хмелев К.Ф. Природные ресурсы ЦЧЭР, перспективы их использования и охрана: монография. Воронеж: Воронежский государственный университет, 1985. 200 с.
5. Ахтырцев Б.П., Яблонских Л.А. Пойменные почвы Окско-Донской равнины и их изменение при сельскохозяйственном использовании: монография. Воронеж: Воронежский государственный университет, 1993, 231 с.
6. ГОСТ 26204-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО. Москва: Комитет стандартизации и метрологии, 1991. 9 с.
7. ГОСТ 26213-2021. Почвы. Методы определения органического вещества. Москва: Российский институт стандартизации, 2021. 8 с.
8. ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО. Москва: Государственный комитет по стандартам, 1985. 5 с.
9. Государственный доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2025 году. Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии. 2025. 112 с.
10. Жидкин А.П., Комиссаров М.А., Шамшурина Е.Н. и др. Эрозия почв на Среднерусской возвышенности // Почвоведение. 2023. № 2. С. 259–272. DOI: 10.31857/S0032180X22600901.
11. Иванов В.Д., Кузнецова Е.В. Эрозия и охрана почв Центрального Черноземья России: учебное пособие. Воронеж: Воронежский ГАУ, 2003. 250 с.
12. Кидин В.В., Трошин С.П. Агрохимия: учебник. Москва: Проспект, 2016. 608 с.
13. Минеев В.Г., Сычев В.Г., Гамзиков Г.П. и др. Агрохимия: учебник. Москва: ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2017. 854 с.
14. Некрасов Р.В., Лукин С.В., Куницын Д.А. и др. Мониторинг основных агрохимических показателей плодородия пахотных почв в Центрально-Черноземном районе России // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35, № 9. С. 4–10. DOI: 10.53859/02352451\_2021\_35\_9\_4.
15. Паршутин Л.П. О южной границе лесостепи в пределах Воронежской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14, № 1-6. С. 1634–1637.
16. Сводные данные туров агрохимического обследования почв Воронежской области за 1964–2025 гг.: архивные материалы. Воронеж: ФГБУ «Агрохимическая служба России», филиал Воронежский, 2026.
17. Середина В.П. Калий и почвообразование: учебное пособие. Томск: Национальный исследовательский Томский государственный университет, 2012. 354 с.

18. Спесивый О.В. Геоинформационный менеджмент земельных ресурсов Воронежской области: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.26. Воронеж, 2009. 24 с.
19. Чеботарев П.М., Спесивый О.В., Ахтыртцев А.Б. Трансформация деградационных процессов на землях Воронежской области в последние десятилетия // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2011. № 1(28). С. 173–178.

#### References

1. Aderikhin P.G. Phosphorus in soils and fertilizers of the Central Chernozem Region: monograph. Voronezh: Voronezh State University Publishers; 1970. 248 p. (In Russ.).
2. Akhtyrtsev B.P., Akhtyrtsev A.B. Soil cover of the Central Russian Chernozemie: monograph. Voronezh: Voronezh State University Publishers; 1993. 216 p. (In Russ.).
3. Akhtyrtsev B.P., Akhtyrtsev A.B., Yablonskikh L.A. Voronezh region soils. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*. 2006;1:85-95. (In Russ.).
4. Akhtyrtsev B.P., Bugaev V.A., Khmelev K.F. Natural resources of the Central Chernozem Region: prospects for their use and protection: monograph. Voronezh: Voronezh State University Publishers; 1985. 200 p. (In Russ.).
5. Akhtyrtsev B.P., Yablonskikh L.A. Floodplain soils of the Oka-Don Plain and their changes on account of agricultural use: monograph. Voronezh: Voronezh State University Publishers; 1993. 231 p. (In Russ.).
6. GOST 26204-91. Soils. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by Chiricov method modified by CINAО. Moscow: Committee for Standardization and Metrology Publishers; 1991. 9 p. (In Russ.).
7. GOST 26213-2021. Soils. Methods for determination of organic matter. Moscow: Russian Institute for Standardization Publishers; 2021. 8 p. (In Russ.).
8. GOST 26483-85. Soils. Preparations of salt extract and determination of its pH by CINAО method. Moscow: State Committee for Standards Publishers; 1985. 5 p. (In Russ.).
9. State report on the condition and use of lands in the Russian Federation in 2025. Federal Service for State Registration, Cadastre and Cartography Publishers; 2025. 112 p. (In Russ.).
10. Zhidkin A.P., Komissarov M.A., Shamshurina E.N. et al. Soil erosion in the Central Russian Upland: a review. *Eurasian Soil Science*. 2023;56(2):226-237. DOI: 10.31857/S0032180X22600901. (In Russ.).
11. Ivanov V.D., Kuznetsova E.V. Erosion and protection of soils in the Central Chernozem Region of Russia: textbook. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Publishers; 2003. 250 p. (In Russ.).
12. Kidin V.V., Troshin S.P. Agricultural Chemistry: textbook. Moscow: Prospekt Publishers; 2016. 608 p. (In Russ.).
13. Mineev V.G., Sychev V.G., Gamzikov G.P. et al. Agricultural Chemistry: textbook. Moscow: All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov Publishers; 2017. 854 p. (In Russ.).
14. Nekrasov R.V., Lukin S.V., Kunitsyn D.A. et al. Monitoring of the main agrochemical indicators of arable soil fertility in the Central Chernozem Region of Russia. *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*. 2021;9:4-10. DOI: 10.53859/02352451\_2021\_35\_9\_4. (In Russ.).
15. Parshutina L.P. On the southern boundary of forest-steppe in Voronezh Region. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2012;1:1634-1637. (In Russ.).
16. Summarized data of soil agrochemical surveys in Voronezh Oblast for the period of 1964-2025: archival records. Voronezh: Voronezh Branch of the Agrochemical Service of Russia; 2026.
17. Seredina V.P. Potassium and soil formation: textbook. Tomsk: National Research Tomsk State University Publishers; 2012. 354 p. (In Russ.).
18. Spesivy O.V. Geoinformation management of land resources of Voronezh Oblast: Author's Abstract of Candidate Dissertation in Geographical Sciences: 25.00.26. Voronezh; 2009. 24 p. (In Russ.).
19. Chebotarev P.M., Spesivy O.V., Akhtyrtsev A.B. Land degradation on the territory of Voronezh Oblast and the main trends in the process of its transformation in recent decades. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2011;1(28):173-178. (In Russ.).

#### Информация об авторах

Д.А. Медведев – аспирант по направлению «Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений» ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева»; medweddimas@yandex.ru.

А.М. Новичихин – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева», nam45539@yandex.ru.

#### Information about the authors

D.A. Medvedev, Postgraduate Student majoring in Agrochemistry, Agronomic Soil Science, Plant Protection and Quarantine, Voronezh Federal Agricultural Scientific Center named after V.V. Dokuchaev, medweddimas@yandex.ru.

A.M. Novichikhin, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research Scientist, Voronezh Federal Agricultural Scientific Center named after V.V. Dokuchaev, nam45539@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 20.03.2026; одобрена после рецензирования 10.04.2026; принята к публикации 20.04.2026.

The article was submitted 20.03.2026; approved after reviewing 10.04.2026; accepted for publication 20.04.2026.

© Медведев Д.А., Новичихин А.М., 2026

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

Научная статья

УДК 632.951

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2026\_2\_21

EDN: DXEWTG

**Сравнительная эффективность применения гербицидов при выращивании  
подсолнечника по технологиям Клеарфилд и Экспресс****Александр Иванович Илларионов<sup>1✉</sup>, Андрей Алексеевич Попов<sup>2</sup>**<sup>1, 2</sup> Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,  
Воронеж, Россия<sup>1</sup> Illarionov-Alexandr@yandex.ru✉

**Аннотация.** Представлены результаты исследования, выполненного в 2022–2024 гг. с целью сравнительной оценки эффективности применения гербицидов при выращивании подсолнечника по технологиям Клеарфилд и Экспресс в условиях ЦЧР (Грязинский район Липецкой области). Опыт закладывали на поле производственного посева подсолнечника. Почва – чернозем выщелоченный. Высевали среднеранний гибрид ЛГ 50479 CX, который выращивается в севообороте (соя – озимая пшеница – подсолнечник). Схема опыта включала три варианта: 1) контроль (обработка водой); 2) технология Клеарфилд; 3) Экспресс-технология. На посевах подсолнечника в годы исследований произрастало несколько видов сорных растений: марь белая *Chenopodium album* (L.), горец вьюнковый *Fallopia convolvulus* (L.), ежовник обыкновенный *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv., овсюг обыкновенный *Avena fatua* (L.), щетинник зеленый *Setaria viridis* (L.) Beauv., осот полевой *Sonchus arvensis* (L.). Применение гербицида имазамокс + имазапир в форме препарата Евро-Лайтнинг, ВРК (33 + 15 г/л) по технологии Клеарфилд при норме расхода препарата 1,2 л/га позволило снизить засоренность посевов на 100% вплоть до уборки урожая. Урожайность на этом варианте в среднем составляла 28,7 ц/га. На варианте применения Экспресс-технологии на 45-й день учета численность сорной растительности была 6–15 экз./м<sup>2</sup>, урожайность – 25,8 ц/га. На контрольном варианте урожайность в среднем достигала 14,7 ц/га, рентабельность – 55,8%. По сравнению с контролем на варианте технологии Клеарфилд величина сохраненного урожая составила 14 ц/га, рентабельность – 153%; на варианте Экспресс-технологии – соответственно 11,1 ц/га и 146%. Установлено, что технологии Клеарфилд и Экспресс позволяют эффективно ограничивать популяции однолетних двудольных и злаковых сорняков в период вегетации культурных растений соответственно при однократном и последовательном внесении гербицидов, а также приблизиться к реализации генетического потенциала гибридов подсолнечника в плане получения запланированного урожая.

**Ключевые слова:** подсолнечник, гербициды, сорные растения, эффективность гербицидов, технология Клеарфилд, Экспресс-технология

**Для цитирования:** Илларионов А.И., Попов А.А. Сравнительная эффективность применения гербицидов при выращивании подсолнечника по технологиям Клеарфилд и Экспресс // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, № 2(89). С. 21–29. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_21](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_21)–29.

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

Original article

**Comparative evaluation of the effectiveness of herbicides'  
application in sunflower plantings cultivated according  
to Clearfield and Express technologies****Aleksandr I. Illarionov<sup>1✉</sup>, Andrey A. Popov<sup>2</sup>**<sup>1, 2</sup> Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia<sup>1</sup> Illarionov-Alexandr@yandex.ru✉

**Abstract.** The results of a study carried out in 2022–2024 for the purpose of comparative evaluation of the effectiveness of the use of herbicides in sunflower plantings cultivated according to Clearfield and Express technologies in the conditions of the Central Chernozem Region (Gryazinsky District, Lipetsk Oblast) are presented. The experiment was laid in the field of industrial sunflower sowing. The soil was leached chernozem. The medium-early hybrid LG 50479 CX was sown in crop rotation (soybean – winter wheat – sunflower). The scheme of the experiment included three variants: i) Control (water treatment); ii) Clearfield technology; iii) Express technology. During the years of research, several

species of weeds grew in sunflower planting, i.e. white goosefoot *Chenopodium album* (L.), climbing buckwheat *Fallopia convolvulus* (L.), barnyard grass *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv., wild oat *Avena fatua* (L.), green foxtail grass *Setaria viridis* (L.) Beauv., and field sow thistle *Sonchus arvensis* (L.). Application of the herbicide imazamox + imazapir in the form of the drug Euro-Lightning, SC (33 + 15 g/l) according to Clearfield technology at a consumption rate of 1.2 l/ha reduced the contamination of crops by 100% until harvest. The yield in this variant averaged 28.7 c/ha. In the case of using Express technology, on the 45th day of accounting, the number of weeds was 6-15 pcs/m<sup>2</sup>, and the yield was 25.8 c/ha. In the control variant, the yield averaged 14.7 c/ha, and the profitability was 55.8%. Compared with the Control in the Clearfield technology variant, the value of the saved & grown crop was 14 c/ha, the profitability was 153%; in the Express technology variant these indices were equal to 11.1 c/ha and 146%, respectively. It has been established that the Clearfield and Express technologies make it possible to effectively limit populations of annual dicotyledonous and cereal weeds during the growing season of cultivated plants, respectively, with one-time and sequential application of herbicides. Both technologies give the possibility to achieve the genetic potential of sunflower hybrids in terms of obtaining the planned harvest.

**Keywords:** sunflower, herbicides, weed plants, herbicide efficiency, Clearfield technology, Express technology

**For citation:** Illarionov A.I., Popov A.A. Comparative evaluation of the effectiveness of herbicides' application in sunflower plantings cultivated according to Clearfield and Express technologies. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(2):21-29. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_21-29](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_21-29).

## Введение

Подсолнечник – основная масличная культура, которая возделывается во многих регионах России. Высокая рентабельность выращивания, достигающая 450–680%, обуславливает рост доли этой культуры в структуре посевных площадей, что ведет к избыточному насыщению полевых севооборотов подсолнечником и распространению сообществ вредных организмов [8].

На реализацию генетического потенциала гибридов подсолнечника существенное влияние оказывают не только выбор высокопродуктивных сортов, своевременная и качественная обработка почвы, внесение удобрений под запланированную урожайность, оптимальная густота растений, но и своевременная и качественная защита растений от вредных организмов [3, 8, 9].

Среди сообщества вредных организмов подсолнечника доминантной и ежегодной компонентой является засоренность посевов, которая может существенно снижать не только урожайность культуры, но и содержание масла в семенах. Это связано с тем, что в начальный период развития (примерно первые 30–40 дней) подсолнечник имеет невысокие темпы роста, и его посевы активно засоряются дикими растениями, которые по сравнению с подсолнечником имеют более низкие требования к факторам жизни (свету, теплу, воде, воздуху, элементам питания). После фазы четырех пар настоящих листьев подсолнечник начинает более интенсивный рост и смыкает рядки, затеняя междурядья. С этой фазы и до самого созревания подсолнечник «выигрывает» конкуренцию у подавляющей части сорной растительности самостоятельно. В этой связи для получения высокого и качественного урожая существует острая необходимость обеспечения чистоты посевов до фазы четырех пар настоящих листьев культуры [8].

Для решения задачи по ограничению популяций сорных растений в посевах подсолнечника находят применение организационно-хозяйственные мероприятия в виде соблюдения севооборота, а также средства агротехнического и химического методов защиты растений. Борьба с сорной растительностью в посевах подсолнечника агротехническими приемами главным образом сводится к основной подготовке почвы и подготовке почвы перед посевом, а также междурядным культивациям. С помощью междурядных обработок культиватором невозможно удалить сорную растительность, появившуюся после посева в рядках самой культуры, где она больше всего конкурирует с подсолнечником за факторы жизни. Соблюдение севооборота и подготовка почвы дают положительный эффект в борьбе с сорняками, однако длительный период сохранения всхожести семян сорных растений (в среднем 6–8 лет, а в некоторых случаях, например как у вьюнка полевого, до 50 лет) и их устойчивость к негативным факторам окружа-

ющей среды не позволяют избавиться от сорняков полностью [10]. Поэтому использование только этих приемов не позволяет снизить численность популяций сорных растений до уровня ниже экономического порога вредоносности (ЭПВ).

С появлением химических средств защиты растений задача обеспечения чистоты посевов от сорняков на начальном этапе роста существенно изменилась. В настоящее время имеется возможность контролировать количество однодольных сорняков как в междурядьях, так и в рядах подсолнечника с помощью противозлаковых препаратов. Появление же Клеарфилд-технологий, в которых предусмотрено использование гербицидов на основе действующих веществ из группы имидазолинонов (при условии выращивании гибридов подсолнечника, устойчивых к воздействию данной группы препаратов), позволяет снижать засоренность не только двудольными, но и однодольными сорными растениями в период вегетации культуры [4]. Однако применение гербицидов по этой технологии создает существенные ограничения по севообороту. Пшеницу и рожь можно высевать не ранее, чем через 4 месяца, а люцерну, сою, ячмень, овес, кукурузу, горох – через 9 месяцев после применения препаратов. Картофель, томаты, табак, лук, просо, салат, огурцы, морковь можно высевать через 19 месяцев, сахарную и столовую свеклу, рапс – через 26 месяцев [5]. Это вызывает необходимость обоснования выбора альтернативных препаратов для решения задачи по эффективному ограничению сорной компоненты в посевах культуры.

Как правило, в посевах подсолнечника формируется смешанный тип засоренности, при котором в агроценозе представлены как однодольные, так и двудольные сорные растения – представители разных биологических групп и с различной продолжительностью жизненного цикла. Эффективное ограничение популяций сорных растений при сложном типе засорения может быть достигнуто либо использованием комбинированных промышленных препаратов, способных снизить численность представителей как однодольных, так и двудольных видов при однократном применении в период вегетации культуры, либо последовательным применением гербицидов из разных химических классов для подавления чувствительных групп сорняков. В любом случае при выборе тактики ограничения плотности популяций сорной растительности в посевах культуры необходимо учитывать не только биологическую эффективность рекомендуемых препаратов в отношении видов сорных растений, но и степень устойчивости к химическим препаратам самой культуры.

Цель представленного исследования заключалась в сравнительной оценке эффективности гербицидов, применяемых в посевах подсолнечника, выращиваемого по технологиям Клеарфилд и Экспресс в условиях Центрального Черноземья.

#### **Объекты, материалы и методы исследования**

Исследования выполняли в 2022–2024 гг. в ОАО «Агропромышленное объединение «Дружба»» Грязинского района Липецкой области на поле производственного посева подсолнечника, выращиваемого в хозяйстве в севообороте. Предшественник – озимая пшеница, которая, в свою очередь, идет по зернобобовому предшественнику – сое. Почвы территории представлены черноземом выщелоченным.

Климатические, почвенные и агрохимические условия места проведения исследования считаются благоприятными для возделывания скороспелых сортов и гибридов подсолнечника. Высевали гибрид ЛГ 50479 СХ (среднеранний, масличность 50%, урожайность 30,5 ц/га), устойчивый к воздействию гербицидов из групп производных имидазолинонов и сульфанилмочевины. Площадь опытной делянки составляла 30 м<sup>2</sup>, повторность – трехкратная, размещение – рендомизированное.

Основная обработка почвы проводится по типу улучшенной зяби и включает несколько последовательных приемов, которые помогают улучшить структуру почвы, накопить влагу, уничтожить сорняки и вредителей, заделать удобрения и подготовить

поле к посеву. Сразу после уборки предшественника, вслед за комбайнами, выполняется лущение стерни, цель которого – спровоцировать сорную растительность и падалицу пшеницы к прорастанию. После отрастания сорняков и падалицы проводятся основное внесение удобрений и зяблевая вспашка на глубину 25–27 см. В таком виде поле остается на зиму, чтобы весной, благодаря гребнистой поверхности и рыхлой структуре почвы, лучше задерживалась и сохранялась влага при снеготаянии [2, 8].

Под запланированную урожайность в хозяйстве осуществляется несколько внесений удобрений (основное, предпосевное, рядковое), при этом общая сумма действующих веществ достигает  $N_{100}P_{135}K_{30}$ .

Схема опыта включала следующие три варианта:

1) контроль (обработка растений водой);

2) технология Клеарфилд (Clearfield), в соответствии с которой предусмотрено одноразовое применение гербицида Евро-Лайтнинг, ВРК (33 г/л имазамокс + 15 г/л имазапир). Регистрант – БАСФ Корпорэйшн. Ограничение численности однодольных и двудольных сорных растений реализуется способом опрыскивания посевов культуры гербицидом в ранние фазы роста сорняков (2–4 листа) и 4–5 настоящих листьев у подсолнечника. Норма применения препарата – 1,2 л/га;

3) Экспресс-технология (ExpressSun, SUMO), в соответствии с которой предусмотрено последовательное применение гербицидов. В фазе 4–5 настоящих листьев у подсолнечника и 1–2-го листа у сорных растений вносился гербицид Экспресс, ВДГ (трибенурон-метил 750 г/кг). Регистрант – ООО «ЭфЭмСи». Ограничение численности двудольных сорных растений реализуется способом опрыскивания посевов. Норма применения – 0,05 кг/га, в смеси с прилипателем Шанс 90 – 0,2 л/га. После обработки посевов подсолнечника гербицидом Экспресс, ВДГ через 7 суток проводили опрыскивание растений противозлаковым гербицидом Селект, КЭ (клетодим 120 г/л) с нормой применения 0,6 л/га. Регистрант – UPL (Arysta LifeScience). Основной причиной раздельного применения гербицидов по Экспресс-технологии является образование при смешивании действующих веществ клетодима и трибенурон-метила соединения с высокой синергетической активностью. Такая баковая смесь подавляет не только сорную растительность, но и подсолнечник, поэтому применять эти два препарата необходимо раздельно, с интервалом как минимум в одну неделю для профилактики проявления фитотоксичности гербицидов.

Опрыскивание растений осуществляли ручным ранцевым универсальным опрыскивателем рычажного типа Solo 425 (емкость бака 10 л). Норма расхода рабочей жидкости составляла 250 л/га.

Засоренность подсолнечника определяли в соответствии с методическими рекомендациями по проведению регистрационных испытаний гербицидов [4]. Видовой состав сорных растений учитывали количественным методом на четырех «скользящих» учетных площадках размером 0,25 м<sup>2</sup>. Технология проведения количественного учета сводилась к тому, что во время прохода по диагонали каждой делянки примерно через равные расстояния на поверхность почвы накладывали рамку размером 50 × 50 см (0,25 м<sup>2</sup>) и визуально подсчитывали количество сорных растений каждого вида, которые находились внутри рамки. При обследовании посевов учитывали все виды и все экземпляры сорных растений.

Уровень засоренности посевов оценивали по числу сорняков на 1 м<sup>2</sup>, используя пятибалльную шкалу:

1 балл – до 5 экз./м<sup>2</sup> – очень слабая;

2 балла – 6–15 экз./м<sup>2</sup> – слабая;

3 балла – 16–50 экз./м<sup>2</sup> – средняя;

4 балла – 51–100 экз./м<sup>2</sup> – сильная;

5 баллов – более 100 экз./м<sup>2</sup> – очень сильная [11].



Биологическую эффективность гербицидов определяли по снижению численности сорных растений в сравнении с контролем по формуле

$$C = 100 - \frac{B_0}{A_0} \times 100 \times \frac{a_k}{b_k},$$

где  $C$  – биологическая эффективность гербицида, %;

$A_0$  – число сорных растений на 1 м<sup>2</sup> до применения гербицида (первый учет, или исходная засоренность) в опытных вариантах;

$a_k$  – число сорных растений на 1 м<sup>2</sup> в контрольных вариантах до применения гербицида (первый учет, или исходная засоренность);

$B_0$  – число сорных растений на 1 м<sup>2</sup> в опытных вариантах после применения гербицида (при втором и последующих учетах);

$b_k$  – число сорных растений на 1 м<sup>2</sup> в контрольных вариантах после применения гербицида (при втором и последующих учетах) [7].

Учет урожая культуры осуществляли сплошным методом. Данные по урожаю обрабатывали дисперсионным методом [6] с использованием компьютерной программы Statistica.

### Результаты и их обсуждение

Проведенный учет видового состава сорных растений перед обработкой подсолнечника гербицидами (исходная засоренность) показал, что более половины сорных растений составляли поздние яровые виды, среди которых основная доля приходилась на злаковые.

Видовой состав сорных растений в посевах подсолнечника в годы исследований был следующим:

- яровые ранние – марь белая *Chenopodium album* (L.), горец вьюнковый *Fallopia convolvulus* (L.) A. Löve;

- яровые поздние – ежовник обыкновенный *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv., овсюг обыкновенный *Avena fatua* (L.), щетинник зеленый *Setaria viridis* (L.) Beauv.;

- многолетний корнеотпрысковый – осот полевой *Sonchus arvensis* (L.) [2, 10].

При этом результаты обследований посевов подсолнечника показали достаточно стабильное видовое разнообразие сорной флоры (табл. 1).

**Таблица 1. Видовой состав и плотность популяций сорных растений в посевах подсолнечника по годам проведения исследования, экз./м<sup>2</sup>**

| Виды сорных растений         | Год  |      |      |         | ЭПВ, экз./м² |
|------------------------------|------|------|------|---------|--------------|
|                              | 2022 | 2023 | 2024 | Среднее |              |
| Яровые ранние                |      |      |      |         |              |
| Марь белая                   | 8    | 10   | 9    | 9       | 2–4          |
| Горец вьюнковый              | 5    | 6    | 4    | 5       | 2–3          |
| Яровые поздние               |      |      |      |         |              |
| Ежовник обыкновенный         | 11   | 10   | 12   | 11      | 5–8          |
| Овсюг обыкновенный           | 10   | 9    | 8    | 9       | 5–8          |
| Щетинник зеленый             | 18   | 14   | 16   | 16      | 4–5          |
| Многолетний корнеотпрысковый |      |      |      |         |              |
| Осот полевой                 | 2    | 2    | 2    | 2       | 1            |

Общая засоренность по количеству растений оценивалась как «сильная» – 52 экз./м<sup>2</sup>. Плотность популяций превышала экономический порог вредоносности [1].

Структура сорной растительности в посевах подсолнечника приведена в таблице 2.

Таблица 2. Структура сорной растительности в посевах подсолнечника, %

| Биологические группы сорных растений |                      | Средняя засоренность |
|--------------------------------------|----------------------|----------------------|
| Яровые ранние, всего                 |                      | 26,92                |
| в том числе:                         | марь белая           | 17,31                |
|                                      | горец вьюнковый      | 9,62                 |
| Яровые поздние, всего                |                      | 69,23                |
| в том числе:                         | ежовник обыкновенный | 21,15                |
|                                      | овсюг обыкновенный   | 17,31                |
|                                      | щетинник зеленый     | 30,77                |
| Многолетние корнеотпрысковые         |                      |                      |
| осот полевой                         |                      | 3,85                 |

Данные по биологической эффективности гербицидов на подсолнечнике по испытываемым технологиям приведены в таблице 3.

Таблица 3. Биологическая эффективность гербицидов различных технологий (средние данные за годы исследования), %

| Виды сорных растений | Период учета количества сорняков |                |                |
|----------------------|----------------------------------|----------------|----------------|
|                      | Численность сорных растений      |                |                |
|                      | перед обработкой*                | через 30 суток | через 45 суток |
| Контроль**           |                                  |                |                |
| Марь белая           | 9,0                              | 15,0           | 24,0           |
| Горец вьюнковый      | 5,0                              | 9,0            | 11,0           |
| Ежовник обыкновенный | 11,0                             | 19,0           | 22,0           |
| Овсюг обыкновенный   | 9,0                              | 13,0           | 18,0           |
| Щетинник зеленый     | 16,0                             | 20,0           | 23,0           |
| Осот полевой         | 2,0                              | 3,0            | 3,0            |
| Технология Клеарфилд |                                  |                |                |
| Марь белая           | 9,0                              | 100            | 100            |
| Горец вьюнковый      | 5,0                              | 100            | 100            |
| Ежовник обыкновенный | 11,0                             | 100            | 100            |
| Овсюг обыкновенный   | 9,0                              | 100            | 100            |
| Щетинник зеленый     | 16,0                             | 100            | 100            |
| Осот полевой         | 2,0                              | 66             | 66             |
| Экспресс-технология  |                                  |                |                |
| Марь белая           | 9,0                              | 100            | 83             |
| Горец вьюнковый      | 5,0                              | 83             | 83             |
| Ежовник обыкновенный | 11,0                             | 100            | 73             |
| Овсюг обыкновенный   | 9,0                              | 100            | 66             |
| Щетинник зеленый     | 16,0                             | 100            | 92             |
| Осот полевой         | 2,0                              | 100            | 100            |

Примечание: \* – первичная засоренность подсолнечника на всех вариантах, экз./м<sup>2</sup>, \*\* – численность сорных растений на контрольном варианте, экз./м<sup>2</sup>.

Установлено, что на контрольном варианте в течение 30 дней после учета исходной засоренности, перед применением гербицидов, наблюдался значительный рост плотности популяций сорных растений. Так, численность мари белой увеличилась на 60%, горца вьюнкового и ежовника обыкновенного – почти в два раза, овсюга обыкновенного – на 69%, щетинника зеленого – на 25%, осота полевого – на 50%. Последующий мониторинг показал продолжающееся увеличение численности на контроле.

На двух других вариантах уже через неделю после обработки посевов гербицидами отмечалось угнетение физиологических процессов в сорных растениях. Симптомы гербицидной активности проявлялись в виде обесцвечивания и потемнения точек роста, после чего происходило развитие хлороза органов и тканей, которое заканчивалось гибелью сорной растительности. Более молодые сорняки оказались более чувствительными к действию гербицидов и активнее подавлялись ими. Полное отмирание некоторых видов сорняков фиксировалось через 14 суток после обработки. Через 30 суток

после обработки растений гербицидами наблюдалось значительное сокращение численности как однодольных, так и двудольных сорных растений.

Максимальные значения показателей биологической эффективности обоих вариантов гербицидной обработки отмечались через 30 дней после применения. При этом наблюдалась заметная разница между ними. Особенно эффективным оказалось подавление сорных растений на варианте применения препарата Евро-Лайтнинг, ВРК по технологии Клеарфилд, где биологическая эффективность против однолетних двудольных и злаковых растений достигла 100%. В отношении осота полевого этот показатель составлял 66%. На варианте опыта с гербицидами Экспресс, ВДГ + Селект, КЭ по технологии Экспресс биологическая эффективность препаратов против однолетних двудольных и злаковых растений, а также осота полевого достигала уровня 100%. Наиболее устойчивым к гербицидам данной технологии оказался горец вьюнковый. Биологическая эффективность в отношении этого вида сорняка не превышала 83%.

Данные последующих учетов численности сорных растений через 45 дней после обработки гербицидами показали, что высокая биологическая эффективность препаратов сохранялась только на варианте технологии Клеарфилд (гербицид Евро-Лайтнинг). Это объясняется тем, что гербициды имидазолиновой группы (имазамокс + имазапир в форме препарата Евро-Лайтнинг) при обработке растений подсолнечника попадают на поверхность почвы и формируют «гербицидный барьер», который препятствует развитию новых всходов сорняков.

На варианте применения гербицидов Экспресс, ВДГ + Селект, КЭ по Экспресс-технологии спустя 45 дней происходило снижение биологической эффективности препаратов за счет появления новых всходов как злаковых, так и двудольных сорняков. Дело в том, что гербицид Экспресс, ВДГ на основе трибенурон-метила (750 г/кг) подавляет только те сорные растения, которые находятся в стадии вегетации в момент обработки, то есть почвенного действия препарат не проявляет (не формирует гербицидного барьера). Поэтому биологическая эффективность в отношении однолетних сорных растений находилась в пределах 66–92%, но сохранялась в отношении осота полевого на уровне 100%.

При визуальном осмотре подсолнечника в период вегетации не было обнаружено фитотоксического воздействия гербицидов на растения как при применении технологии Клеарфилд, так и Экспресс-технологии. Не отмечено также задержки роста и развития подсолнечника по сравнению с растениями контрольного варианта. Уровень биологической эффективности гербицидов в значительной степени определил и их хозяйственную эффективность (табл. 4).

Таблица 4. Хозяйственная эффективность гербицидов за годы исследований

| Варианты опыта                 | Нормы применения препаратов, л/га | Среднее значение урожайности, ц/га | Величина сохраненного урожая, ц/га |
|--------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Контроль                       | –                                 | 14,7                               | –                                  |
| Технология Клеарфилд           | 1,2                               | 28,7                               | 14,0                               |
| Технология Экспресс            | 0,05 + 0,6                        | 25,8                               | 11,1                               |
| НСР <sub>0,95</sub> = 2,1 ц/га |                                   |                                    |                                    |

Анализ данных, представленных в таблице 4, показывает, что масса сохраненного урожая благодаря применению гербицидов существенно отличается как от контрольного варианта, так и между вариантами. На варианте применения технологии Клеарфилд величина сохраненного урожая была наибольшей – выше контроля на 14 ц/га, а на варианте применения Экспресс-технологии – на 2,9 ц/га.

Существенные различия в показателях урожайности подсолнечника между вариантами опытов подтверждаются расчетом наименьшей существенной разности (НСР).

Экономическую эффективность рассчитывали по методике, описанной В.Т. Алехиным с соавт. [1]. Результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5. Экономическая эффективность применения гербицидов (средние показатели за годы исследований)

| Показатели                        | Варианты опыта |                      |                     |
|-----------------------------------|----------------|----------------------|---------------------|
|                                   | Контроль       | Технология Клеарфилд | Экспресс-технология |
| Урожайность, ц/га                 | 14,7           | 28,7                 | 25,8                |
| Цена подсолнечника, тыс. руб./т   | 40 000         | 40 000               | 40 000              |
| Стоимость урожая, руб./га         | 58 800         | 114 800              | 103 200             |
| Денежные затраты, руб./га         | 37 750         | 45 315               | 41 866              |
| Себестоимость 1 ц продукции, руб. | 2 568          | 1 579                | 1 623               |
| Условно чистый доход, руб./га     | 21 050         | 69 485               | 61 334              |
| Уровень рентабельности, %         | 56             | 153                  | 146                 |

Данные таблицы 5 свидетельствуют о том, что применение гербицидов в соответствии с технологиями Клеарфилд и Экспресс для химической прополки подсолнечника является экономически оправданным мероприятием. Этот прием позволяет снизить себестоимость основной продукции на варианте Клеарфилд-технологии по сравнению с контролем на 989 руб./ц, а на варианте Экспресс-технологии – на 945 руб./ц. Отмечается рост условно чистого дохода и уровня рентабельности производства культуры по вариантам опыта по сравнению с контролем. При этом гербициды демонстрируют незначительные различия в показателях экономической эффективности. Вместе с тем использование гербицидов по Экспресс-технологии для контроля численности и вредоносности сорняков оказывается менее экономически выгодным, чем по Клеарфилд-технологии. Несмотря на меньшие финансовые затраты при использовании гербицидов по Экспресс-технологии, показатели экономической эффективности варианта Клеарфилд были выше благодаря лучшим результатам в отношении биологической и хозяйственной эффективности. Так, уровень рентабельности применения гербицида по Клеарфилд-технологии выше, чем по Экспресс-технологии на 6,8%, а условный чистый доход – на 8151 руб./га.

#### Заключение

Исследованиями установлено, что использование гербицидов по технологиям Клеарфилд и Экспресс для химической прополки подсолнечника позволяет эффективно ограничивать популяции однолетних двудольных и злаковых сорняков в период вегетации культурных растений соответственно при однократном и последовательном внесении гербицидов. Обе технологии позволяют приблизиться к реализации генетического потенциала гибридов культуры в плане получения запланированного урожая подсолнечника, а также демонстрируют высокую биологическую эффективность в отношении однолетних сорных растений. Однако против многолетнего корнеотпрыскового осота полевого Клеарфилд-технология существенно уступает гербицидам Экспресс-технологии, которая к тому же не имеет ограничений по севообороту.

Таким образом, в основе выбора и тактики применения гербицидов для химической прополки посевов подсолнечника лежит не только видовой состав сорной компоненты посевов подсолнечника, но и плотность популяций отдельных ее видов, а также свойства препаратов, способных эффективно ограничивать численность сорных растений.

#### Список источников

1. Алехин В.Т., Михайликова В.В., Михина Н.Г. Экономические пороги вредоносности вредителей, болезней и сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур: справочник. Москва: Росинформгротех, 2016. 73 с.
2. Артохин К.С. Сорные растения: справочное и учебно-методическое пособие. 3-е изд., перераб. и доп. Москва: Печатный Город, 2010. 263 с.
3. Баздырев Г.И. Земледелие: учебник. Москва: ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2013. 608 с.

4. Голубев А.С., Маханькова Т.А. Методические рекомендации по проведению регистрационных испытаний гербицидов. Санкт-Петербург: ООО «АльфаМиг», 2020. 80 с.
5. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации (по состоянию на 06 июня 2025 г.); в 2 ч. Ч. I. Пестициды [Электронный ресурс] // Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. Архив. <http://opendata.mcx.ru/opendata/7708075454-pestitsidy> (дата обращения: 30.12.2025).
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для студентов высших учебных заведений. 5-е изд., доп. и перераб. Москва: Агро-произдат, 1985. 351 с.
7. Илларионов А.И. Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Химические средства защиты растений». Воронеж: ФГБОУ ВО ВГАУ, 2016. 177 с.
8. Семенина Т.В., Разумейко И.Н., Наумов М.М. Технология защиты подсолнечника от вредных организмов в условиях ЦЧР: монография. Воронеж: ФГБНУ ВНИИЗР, 2015. 134 с.
9. Федотов В.А., Кадыров С.В., Щедрина Д.И. и др. Растениеводство Центрального Черноземья России: учебное пособие. Воронеж: ООО «Издательство Черноземье», 2019. 581 с.
10. Фисюнов А.В. Сорные растения: альбом. Москва: Колос, 1984. 320 с.
11. Ченкин А.Ф., Захаренко В.А., Белозерова Г.С. и др. Фитосанитарная диагностика; под ред. А.Ф. Ченкина. Москва: Колос, 1994. 320 с.

### References

1. Alekhin V.T., Mikhaylikova V.V., Mikhina N.G. Economic thresholds of harmfulness of pests, diseases and weeds in plantings of agricultural crops: handbook. Moscow: Rosinformagrotech Publishers; 2016. 73 p. (In Russ.).
2. Artokhin K.S. Weed plants: reference aid and manual. 3rd edition, revised and enlarged. Moscow: Pechatny Gorod Publishers; 2010. 263 p. (In Russ.).
3. Bazdyrev G.I. Agriculture: textbook. Moscow: INFRA-M Scientific Publishing Center; 2013. 608 p. (In Russ.).
4. Golubev A.C., Makhankova T.A. Methodological recommendations for conducting registration tests of herbicides. St. Petersburg: AlfaMig Publishers; 2020. 80 p. (In Russ.).
5. State Catalogue of pesticides and agrochemicals approved for use in the territory of the Russian Federation (as of October 10, 2024); in 2 Parts. Part I. Pesticides. Ministry of Agriculture of the Russian Federation. Archive. URL: <https://mcx.gov.ru/ministry/departments/departament-rastenievodstva-mekhanizatsii-i-zashchity-rasteniy/> industry information/info-arkhiv/. (In Russ.).
6. Dospekhov B.A. Field-plot Technique (with the Basics of Statistical Processing of Results of Research and Experiments): study guide for students of higher educational institutions. 5th edition, revised and enlarged. Moscow: Agropromizdat Publishers; 1985. 351 p. (In Russ.).
7. Illarionov A.I. Reference aid and manual for students' individual work on Chemical Crop Protection Products Discipline. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Publishers; 2016. 177 p. (In Russ.).
8. Semynina T.V., Razumeyko I.N., Naumov M.M. Technology of sunflower protection from harmful organisms in the conditions of the Central Chernozem Region: monograph. Voronezh: All-Russian Research Institute of Plant Protection (VNIIZR) Publishers; 2015. 134 p. (In Russ.).
9. Fedotov V.A., Kadyrov S.V., Shchedrina D.I. et al. Crop production in the Central Chernozem Region of Russia: study guide. Voronezh: Izdat-Chernozemye Publishers; 2019. 581 p. (In Russ.).
10. Fisyunov A.V. Weed plants: an album. Moscow: Kolos Publishers; 1984. 320 p. (In Russ.).
11. Chenkin A.F., Zakharenko V.A., Belozeroval G.S. et al. Phytosanitary diagnostics; edited by A.F. Chenkin. Moscow: Kolos Publishers; 1994. 320 p. (In Russ.).

### Информация об авторах

А.И. Илларионов – доктор биологических наук, профессор кафедры земледелия и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [Illarionov-Alexandr@yandex.ru](mailto:Illarionov-Alexandr@yandex.ru).

А.А. Попов – магистрант кафедры земледелия и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [a.p0p0v@hotmail.com](mailto:a.p0p0v@hotmail.com).

### Information about the authors

A.I. Illarionov, Doctor of Biological Sciences, Professor, the Dept. of Soil Management and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [Illarionov-Alexandr@yandex.ru](mailto:Illarionov-Alexandr@yandex.ru).

A.A. Popov, Master's Degree Student, the Dept. of Soil Management and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia [a.p0p0v@hotmail.com](mailto:a.p0p0v@hotmail.com).

Статья поступила в редакцию 03.04.2026; одобрена после рецензирования 10.05.2026; принята к публикации 20.05.2026.

The article was submitted 03.04.2026; approved after reviewing 10.05.2026; accepted for publication 20.05.2026.

© Илларионов А.И., Попов А.А., 2026

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

Научная статья

УДК 632.51

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2026\_2\_30

EDN: FUIRJD

**Морфологические особенности, географическое распространение  
на территории России, фитосанитарный статус *Buglossoides arvensis* (L.)  
I.M. Johnst., имеющего карантинное значение  
в странах – импортерах российского зерна**

**Елена Владимировна Разумова<sup>1</sup>, Юлия Викторовна Орлова<sup>2</sup>,  
Елена Михайловна Олейникова<sup>3✉</sup>**

<sup>1</sup> Всероссийский центр карантина растений – Воронежский филиал, Воронеж, Россия

<sup>2</sup> Всероссийский центр карантина растений, Московская область, р.п. Быково, Россия

<sup>3</sup> Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,  
Воронеж, Россия

<sup>✉</sup> cichor@agronomy.vsau.ru

**Аннотация.** Буглоссойдес полевой, воробейничек полевой, *Buglossoides arvensis* (L.) I.M. Johnst. – вид природной флоры, рудеральный и сеgetальный сорняк, апофит, который достаточно широко и спорадически распространен по отдельным регионам на территории РФ. Изучены и детализированы морфологические особенности *B. arvensis*, уточнено географическое распространение на территории РФ с учетом новейших данных и составлена актуализированная карта распространения. На основании анализа встречаемости данного вида в различной подкарантинной продукции определены основные ее виды, образцы которых подлежат исследованию в лаборатории с целью выявления эремов *B. arvensis*. Выборочно установлен фитосанитарный статус в странах – импортерах российского зерна, выявлены группы засоряемой подкарантинной продукции, сделан вывод, что достаточно обширный ареал вида, вероятно, связан с особенностями его экологии. Растение является мезофитом, нетребовательно к почвенным условиям, предпочитает песчаные почвы. Зона распространения *B. arvensis* совпадает с основными растениеводческими зонами России. Перейдя из естественных местообитаний на территории хозяйственной деятельности человека, *B. arvensis* демонстрирует высокую адаптацию и способность произрастать совместно с антропофитами, создавая своеобразные растительные группировки, не имеющие аналогов в природе. В связи с высокой вероятностью засорения базовой продукции *B. arvensis* является весьма актуальным видом для проведения лабораторных исследований. Неверная идентификация в итоге может повлиять на уровень экспортных поставок продукции из России. Снижение фитосанитарного риска продукции, засоряемой *B. arvensis*, может быть достигнуто в результате комплексного подхода к борьбе с данным сорняком, включающего фитосанитарные мониторинги агроценозов, проверки партий подкарантинной продукции на засоренность, а также агротехнические и химические меры борьбы в посевах сельскохозяйственных культур.

**Ключевые слова:** воробейничек полевой (*Buglossoides arvensis* (L.) I.M. Johnst.), сеgetальный сорняк, зерновая продукция, страны-импортеры, особенности морфологии, географическое распространение, фитосанитарный статус, перечень засоряемой продукции

**Финансирование:** Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУ ВНИИКР, ЕГИСУ НИОКТР 1024022600201-6-4.1.1.

**Для цитирования:** Разумова Е.В., Орлова Ю.В., Олейникова Е.М. Морфологические особенности, географическое распространение на территории России, фитосанитарный статус *Buglossoides arvensis* (L.) I.M. Johnst., имеющего карантинное значение в странах – импортерах российского зерна // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, № 2(89). С. 30–37. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_30](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_30)–37.

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

Original article

**Morphological features, geographical distribution in the territory of Russia,  
phytosanitary status of *Buglossoides arvensis* (L.) I.M. Johnst., which  
is of quarantine restrictions in Russian grain-importing countries**

**Elena V. Razumova<sup>1</sup>, Yulia V. Orlova<sup>2</sup>, Elena M. Oleynikova<sup>3✉</sup>**

<sup>1</sup> All-Russian Plant Quarantine Center – Voronezh Branch, Voronezh, Russia

<sup>2</sup> All-Russian Plant Quarantine Center, Moscow Region, Bykovo, Russia

<sup>3</sup> Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

<sup>✉</sup> cichor@agronomy.vsau.ru

**Abstract.** Field gromwell, *Buglossoides arvensis* (L.) I.M. Johnst., belongs to natural flora species, ruderal and segetal weed, apophyte, which is widespread and sporadically distributed in certain regions of the Russian Federation. The morphological features of *B. arvensis* have been studied and detailed, the geographical distribution in the territory of the Russian Federation has been clarified, taking into account the latest data, and an updated distribution map has been compiled. Based on the analysis of the occurrence of this species in various quarantineable agricultural products, its main species have been identified, samples of which are to be examined in the laboratory in order to identify *B. arvensis* eremites. The phytosanitary status in Russian grain-importing countries was selectively established, groups of contaminated quarantineable agricultural products were identified, and it was concluded that a fairly extensive range of the species is probably related to the peculiarities of its ecology. The plant is a mesophyte, undemanding to soil conditions, prefers sandy soils. *B. arvensis* distribution area coincides with the main crop-growing areas of Russia. Having moved from natural habitats to the territory of human economic activity, *B. arvensis* demonstrates high adaptation and the ability to grow together with anthropophytes, creating peculiar plant groupings that have no analogues in nature. Due to the high probability of contamination of basic agricultural products, *B. arvensis* is a very relevant species for laboratory research. Incorrect identification may eventually affect the level of exports of products from Russia. Reducing the phytosanitary risk of products contaminated by *B. arvensis* can be achieved as a result of an integrated approach to controlling this weed, including phytosanitary monitoring of agrocenoses, checking batches of quarantineable products for contamination, as well as agrotechnical and chemical control measures in crops.

**Keywords:** field gromwell (*Buglossoides arvensis* (L.) I.M. Johnst.), segetal weed, grain products, importing countries, morphological features, geographical distribution, phytosanitary status, list of contaminated agricultural products

**Funding:** the research was carried out within the framework of the implementation of the state assignment to the All-Russian Plant Quarantine Center No. 1024022600201-6-4.1.1 according to Unified State Information System for Accounting of Scientific Research, Development and Technological Works for Civil Purposes (EGISU R&D).

**For citation:** Razumova E.V., Orlova Yu.V., Oleynikova E.M. Morphological features, geographical distribution in the territory of Russia, phytosanitary status of *Buglossoides arvensis* (L.) I.M. Johnst., which is of quarantine restrictions in Russian grain-importing countries. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(2):30-37. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_30-37](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_30-37).

**Введение**  
Российская Федерация занимает одну из лидирующих позиций в производстве продукции зерновых культур – пшеницы, ячменя, ржи, овса, тритикале, кукурузы, риса, просо, сорго и гречихи в мире. Нарастание объема экспорта зерна стимулируется федеральным проектом «Экспорт продукции АПК». Мониторинг соответствия российской сельскохозяйственной продукции фитосанитарным требованиям является важной составляющей обеспечения фитосанитарной безопасности территории страны и залогом выполнения ею международных обязательств в области карантина растений при экспортных поставках зерна. Вероятность экспорта зерна, не отвечающего по характеристикам требованиям стран-импортеров, может стать причиной снижения инвестиционного имиджа страны, закрыв для России рынки сбыта. Подкарантинная продукция должна быть свободна от вредных организмов, признанных карантинными объектами не только на территории РФ, но и на территории стран-импортеров. Данный факт устанавливается в результате лабораторных исследований образцов каждой партии продукции [8, 9], проводимых организациями или лицами, аккредитованными национальным органом по аккредитации на право проведения лабораторных исследований в области карантина растений [4].

Буглоссоедес полевой, воробейничек полевой, *Buglossoides arvensis* (L.) I.M. Johnst. (далее *B. arvensis*) – один из распространенных на территории Российской Федерации вредных организмов, имеющих карантинное значение для некоторых стран – импортеров российского зерна. Вид засоряет посевы различных озимых и яровых культур, в том числе зерновых [12]. Экономический порог вредоносности (ЭПВ) для *B. arvensis* в посевах озимых зерновых в фазе кущения составляет 5 шт/м<sup>2</sup>. Вредоносность возрастает в поливных посевах [1, 2, 11]. Вид включен в российский Отраслевой классификатор сорных растений как двудольный однолетний зимующий сорняк, код 4317 [11], а также в Международную Базу данных Европейской и Средиземноморской организации по защите растений (EPPO Global Database), код LITAR [20].

В связи со значительными объемами российской экспортируемой зерновой продукции в регулирующие буглоссоедес полевой страны и ростом числа ежегодных случаев обнаружений плодов сорняка в подкарантинной продукции необходимость в лабо-

раторных исследованиях (испытаниях) по выявлению и идентификации *B. arvensis* в экспортируемой продукции довольно высока. Достаточно отметить, что число случаев обнаружения плодов сорняка в подкарантинной продукции в исследовательской лаборатории ФГБУ «ВНИИКР» за период с 2022 по 2024 г. составило около 650. Так как плоды *B. arvensis* трудно отличимы от плодов других близкородственных и визуально схожих сорняков посевов семейства Бурачниковые, встречающихся в продукции, необходима детализация морфологических особенностей их строения.

Морфология *B. arvensis* (рис. 1). Корень тонкий. Стебель одиночный, прямостоячий 20–70 см высотой, наверху простой или ветвистый, с прижатым, жестко-шершавым опушением. Листья 1–4 см длиной, 0,4–1 см шириной, продолговатые, ланцетовидные, нижние тупые, к основанию суженные в черешок, остальные – сидячие, с одной срединной жилкой, трехгранные, бугорчато-морщинистые. Прикорневая розетка формируется только у осенних растений, яровые – розетку не формируют. Соцветие – завиток. Завитки немногочисленные на концах стеблей и ветвей, обычно парные, разветвленные на верхушке стебля, малоцветковые, даже в цвету негустые, реже многоцветковые, при плодах очень удлиненные, с сильно раздвинутыми чашечками. Цветоножки очень короткие. Прицветники ланцетные или продолговато-линейные, длиннее цветка [5, 15, 21]. Цветки почти сидячие, на коротких цветоножках (до 3 мм длиной), расположены в пазухах верхних листьев. Чашечка небольшая, 3–5 мм длиной, с почти линейными, беловолосистыми долями, при плодах разрастающаяся, с удлиненными, ланцетно-линейными, растопыренными, не прикрывающими плод долями. Венчик палевый, белый, длиной до 4 мм, трубка по длине превышает чашечку, на вершине колокольчато отгибается, образуя рассеченные продолговатые туповершинные доли, зев венчика с пятью бархатистыми продольными складками [1, 14]. Плод – ценобий, при созревании распадается на 4 эрема.

Эремы яйцевидно-трехгранные с оттянутой в форме носика и немного изогнутой в сторону брюшка вершинкой и бугорчато-шиповатой поверхностью, серо-бурой окраски с более светлыми бугорками и почти черными углублениями, до 2,0–3,5 мм длиной, 1,75–2,25 мм шириной и толщиной (рис. 2).



Рис. 1. Цветущее растение *Buglossoides arvensis* (фото Е.В. Разумовой)



Рис. 2. Эремы *Buglossoides arvensis* (фото Ю.В. Орловой)



Цветет *B. arvensis* с апреля по сентябрь, плодоносит в июне-июле. Одно растение образует около 300 плодов. Размножается только семенами. Свежесозревшие и недоразвитые семена отличаются низкой всхожестью. Массовое появление всходов наблюдается с марта по апрель и с августа по октябрь. Заглубленные более чем на 12 см семена не всходят. Летне-осенние всходы образуют розетку и зимуют.

### Материалы и методы

Географическое распространение *B. arvensis* на территории РФ устанавливалось по флористическим сводкам [7, 14, 15], базам данных [20, 22], а также статьям о находках новых адвентивных видов в различных регионах РФ [3, 6, 7, 10, 16, 18, 19, 21].

При составлении перечня засоряемой эремами *B. arvensis* продукции и определении общего числа ежегодных обнаружений в ней сорняка использовались отчеты испытательных лабораторий ФГБУ «ВНИИКР» за период 2023–2024 гг., а также общепринятые руководства [2, 5].

Фитосанитарный статус *B. arvensis* устанавливался по информации, представленной в разделе официального сайта Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору (Россельхознадзор) в разделе «Экспорт/импорт» [17].

Оценка объемов экспорта видов подкарантинной продукции с риском засорения *B. arvensis* странами-импортерами, регулирующими данный объект, проводилась на основании данных ФГИС «Аргус-Фито» за период с 2023 по 2024 г. [18].

### Результаты и их обсуждение

По данным анализа распространения *B. arvensis* на территории Российской Федерации установлено, что воробейничек полевой – обитатель сухих, каменистых склонов, пустырей, мусорных мест, обочин дорог, молодых залежей. Зона вредоносности вида включает юг лесной зоны и лесостепь. Засоряет агрофитоценозы различных культур, сады, огороды, виноградники [1].

В областях Средней России – это вид природной флоры. На юго-востоке Европейской части России статус *B. arvensis* неясен. Учитывая область первичного ареала воробейничка полевого и занимаемые местообитания на данной территории, возможно, это и аборигенный вид. В большинстве областей Европейской России (ЕР), где отмечается как чужеродный вид, натурализовался. На большей части территории ЕР (Ивановская, Ленинградская, Тверская области, Башкортостан, Карелия, Удмуртия и др.) может считаться чужеродным видом и археофитом [7]. На остальных территориях страны – чужеродной вид с инвазионным статусом эпекофита, эфемерофита, колонофита в зависимости от природно-климатических условий регионов.

Вероятным вектором инвазии *B. arvensis* является спейрохория. Возможно, он также использовался в пищу, выращивался с медицинскими целями и как краситель; плодами декорировали украшения и посуду [22].

Достаточно обширный ареал *B. arvensis*, очевидно, связан с особенностями его экологии. Растение нетребовательно к почвенным условиям, предпочитает песчаные почвы. По отношению к влаге буглоссоидес полевой является мезофитом, в связи с чем фактор нормальной и даже избыточной влагообеспеченности не влияет отрицательно на его распространение.

В ходе проведенного исследования с учетом новейших литературных данных о местах нахождения вида [3, 6, 10, 12, 13, 16, 18, 19, 21] составлена актуализированная карта распространения *B. arvensis* по территории РФ на период 2025 г. (рис. 3), из которой понятно, что буглоссоидес полевой как вид природной флоры повсеместно и достаточно широко или спорадически распространен по отдельным регионам территории РФ с наибольшей концентрацией в зонах растениеводства.

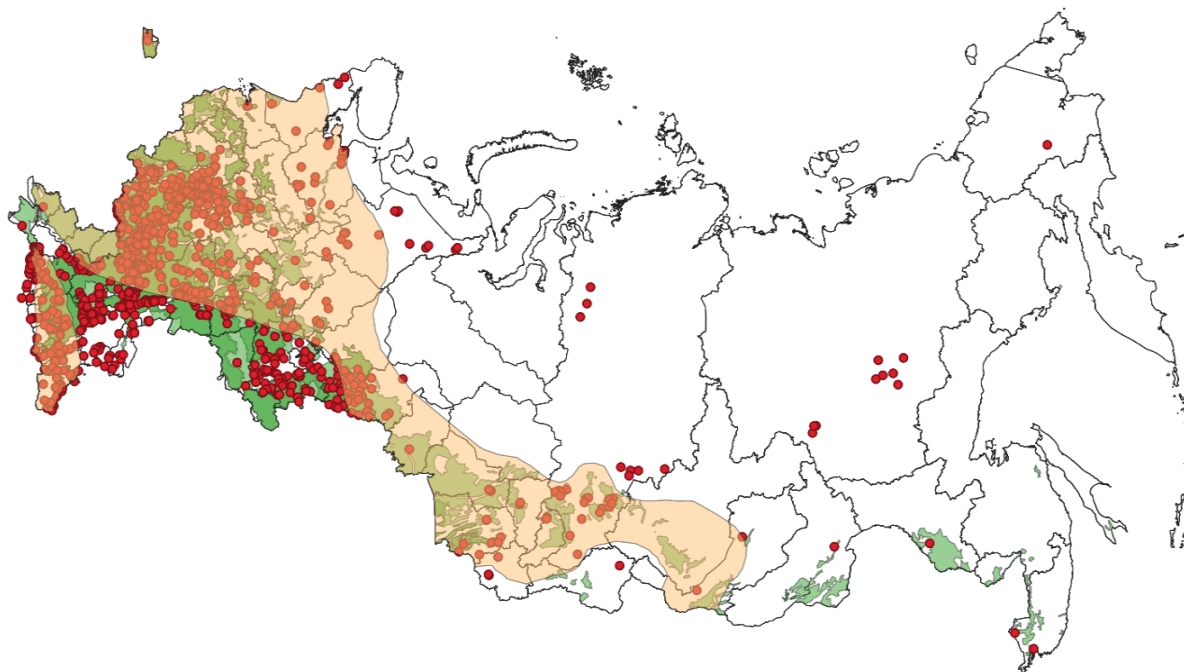


Рис. 3. Распространение *Buglossoides arvensis* на территории Российской Федерации (красные точки – отдельные локалитеты, зеленая заливка – зона растениеводства)

На основании анализа встречаемости данного вида в различной подкарантинной продукции определены основные ее виды, образцы которых подлежат исследованию в лаборатории с целью выявления эремов *B. arvensis* (табл. 1).

Таблица 1. Перечень наименований товарных групп подкарантинной продукции, подлежащей лабораторной экспертизе для выявления эремов *Buglossoides arvensis*

| Код ТН ВЭД | Наименования видов подкарантинной продукции                                                                                                                                                                                                   |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0713       | Овощи бобовые сушеные, лущенные, очищенные от семенной кожуры или неочищенные, колотые или неколотые                                                                                                                                          |
| 0904-0910  | Кориандр                                                                                                                                                                                                                                      |
| 1001       | Пшеница и меслин                                                                                                                                                                                                                              |
| 1003       | Ячмень                                                                                                                                                                                                                                        |
| 1004       | Овес                                                                                                                                                                                                                                          |
| 1005       | Кукуруза                                                                                                                                                                                                                                      |
| 1008       | Гречиха, просо и семена канареечника; прочие злаки                                                                                                                                                                                            |
| 1204       | Семена льна, дробленые или недробленые                                                                                                                                                                                                        |
| 1205       | Семена рапса, или кользы, дробленые или недробленые                                                                                                                                                                                           |
| 1206       | Семена подсолнечника, дробленые или недробленые                                                                                                                                                                                               |
| 1207       | Семена и плоды прочих масличных культур, дробленые или недробленые                                                                                                                                                                            |
| 120750     | Горчица                                                                                                                                                                                                                                       |
| 1209       | Семена, плоды и споры для посева                                                                                                                                                                                                              |
| 1211       | Растения и их части (включая семена и плоды), используемые в парфюмерных, фармацевтических или инсектицидных, фунгицидных или аналогичных целях, свежие или сушеные, целые или измельченные, дробленые или молотые (семена шалфея мускатного) |

Так как *B. arvensis* является рудеральным и сеgetальным сорняком, практически космополитом на территории РФ, плодоносит во время уборки озимых и яровых культур, вероятность засорения базовой продукции может быть определена как высокая. По данным испытательных лабораторий, вид нередко встречается в подкарантинной продукции, поэтому его связь с продукцией, особенно зерновых, может быть признана средней.

Если ранее основной объем российского зерна экспортировался в страны Евросоюза и СНГ, то в настоящее время география экспорта расширилась. В 2024 г. зерно из России поступало в более чем 111 стран, среди которых крупными покупателями стали Египет, Турция, Саудовская Аравия, Алжир, Пакистан и др. В то же время на фоне санкций со стороны Евросоюза и США российские экспортеры активно развивают отношения с партнерами из стран Африки, Юго-Восточной Азии, Ближнего Востока.

Среди стран – импортеров российской продукции с риском засорения *B. arvensis* выделено 2 государства, где данный вид является карантинным или регулируется, – Мексиканские Соединенные Штаты и Республика Ливан (табл. 2).

**Таблица 2. Фитосанитарный статус *Buglossoides arvensis* (L.) I.M. Johnst. в странах – импортерах российской продукции (по состоянию на 2024 г.)**

| Название растения, принятое в данной работе    | Регулирующая страна-импортер   | Статус сорняка                                                           | Указано под названием в стране-импортере       |
|------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| <i>Buglossoides arvensis</i> (L.) I.M. Johnst. | Мексиканские Соединенные Штаты | Карантинный вредный организм (потенциально возможный карантинный объект) | <i>Buglossoides arvensis</i> (L.) I.M. Johnst. |
|                                                | Ливанская Республика           | Регулируемый вредный организм (10 шт./кг)                                | <i>Lithospermum arvense</i> L.                 |

По данным Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору (ФГИС «Аргус-Фито») за период 2023–2024 гг., значительные объемы экспортируемой продукции с риском засорения *B. arvensis* в регулирующие страны указывают на то, что воробейничек полевой является весьма актуальным видом для проведения лабораторных исследований.

### Заключение

Буглоссоидес полевой, воробейничек полевой, *Buglossoides arvensis* (L.) I.M. Johnst. – вид природной флоры, рудеральный и сеgetальный сорняк, апофит, который повсеместно, достаточно широко и спорадически распространен по отдельным регионам территории РФ. Зона распространения воробейничка полевого совпадает с основными растениеводческими зонами страны.

В связи с высокой вероятностью засорения базовой продукции *B. arvensis* является весьма актуальным видом для проведения лабораторных исследований, неверная идентификация которого в продукции в итоге может повлиять на уровень экспортных поставок продукции из регионов РФ.

Снижение фитосанитарного риска продукции, засоряемой *B. arvensis*, может быть достигнуто в результате комплексного подхода к борьбе с данным сорняком, включающего фитосанитарные мониторинги агроценозов, проверки партий подкарантинной продукции на засоренность, а также агротехнические и химические меры борьбы с ним в посевах культур.

### Список источников

1. Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их болезни, вредители, и сорные растения. AgroAtlas [Электронный ресурс]. URL: <http://www.agroatlas.ru/ru/gis/index.html> (дата обращения: 18.06.2025).
2. Алехин В.Т., Михайликова В.В., Михина Н.Г. Экономические пороги вредоносности вредителей, болезней и сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур: справочник. Москва: Росинформагротех, 2016. 73 с.
3. Ахжубекова А.А., Тамахина А.Я. Бурачниковые (*Boraginaceae* Juss.) флоры Кабардино-Балкарской Республики // Научный форум: Медицина, биология и химия: сборник статей по материалам IX международной научно-практической конференции. Москва: ООО «Международный центр науки и образования», 2018. № 1(9). С. 6–12.

4. ГОСТ ИСО/МЭК 17025. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. Москва: Стандартинформ, 2025. 29 с.
5. Идентификация объектов растительного происхождения. Коллекция кафедры высших растений биологического факультета МГУ // Информационная система идентификации растительных объектов на основе карпологических, палинологических и анатомических данных [Электронный ресурс]. URL: <http://botany-collection.bio.msu.ru> (дата обращения: 18.06.2025).
6. Левашов А.Н., Шарова Д.Д. Адвентивный компонент луговых сообществ города Вологды // Эволюционные и экологические аспекты изучения живой материи: материалы I Всероссийской научной конференции (Череповец, 8–9 февраля 2017 г.); в 4-х книгах. Череповец: Череповецкий государственный университет, 2017. Книга 3. С. 9–18.
7. Морозова О.В. Археифиты во флоре Европейской России // Российский журнал биологических инвазий. 2023. № 1. С. 53–129. DOI: 10.35885/1996-1499-16-1-53-129.
8. Об утверждении порядка лабораторного обеспечения карантинных фитосанитарных мер: Решение Евразийской экономической комиссии от 10 мая 2016 г. № 41 [Электронный ресурс]. URL: <https://fsvps.gov.ru/files/reshenie-evrazijskoj-jekonomicheskoy-k-2/> (дата обращения: 18.06.2025).
9. О карантине растений: Федеральный закон РФ от 21.07.2014 № 206-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: <https://fsvps.gov.ru/files/federalnyj-zakon-ot-21-07-2014-n-206-fz-o-karantin/> (дата обращения: 18.06.2025).
10. Остапко В.М., Бойко А.В., Муленкова Е.Г. Адвентивная фракция флоры юго-востока Украины // Промышленная ботаника. 2009. Вып. 9. С. 32–47.
11. Отраслевой классификатор сорных растений: информационное издание. Москва: ФГБНУ «Росиформагротех», 2018. 52 с.
12. Сухолозова Е.А., Сафонов А.В., Сухолозов Е.А. Изучение сорных растений в пшенице, выращенной на территории Пензенской области, для оценки экспортного потенциала региона // Фитосанитария. Карантин растений. 2022. № 2(10). С. 14–24. DOI: 10.69536/p6953-2144-3784-x.
13. Усик Н.А. Дополнение к флоре Алтайского края и Республики Алтай (сем. Boraginaceae) // Turczaninowia. 2002. № 5(2). С. 49–53.
14. Флора Европейской части СССР = Flora partis europaeae URSS; в 11-ти т. Коллектив авторов; под ред. Ан.А. Федорова. Т. 5. Покрытосеменные: Двудольные (редактор тома Р.В. Камелин.). Ленинград: Наука: Ленингр. отд-ние, 1981. 379 с.
15. Флора СССР = Flora URSS (Flora Unions Rerumpublicarum Sovieticarum Socialisticarum); в 30-ти т.; глав. ред. акад. В.Л. Комаров. Т. XIX. Вьюнковые, повиликовые, бурачниковые и др. (редактор тома Б.К. Шишкин). Ленинград: Изд-во Академии наук СССР, 1953. 752 с.
16. Эбель А.Л., Овчинникова С.В. Обзор семейства бурачниковые (*Boraginaceae* Juss.) во флоре Кемеровской области // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. 2022. Т. 28. С. 38–45.
17. Экспорт/импорт зерна. Сводная информация // Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору (Россельхознадзор) [Электронный ресурс]. URL: <https://fsvps.gov.ru/importexport> (дата обращения: 18.06.2025).
18. Ямалов С.М., Баянов А.В., Голованов Я.М. Адвентивный компонент степных и луговых сообществ Южного Урала // Вестник Оренбургского государственного университета. 2013. № 5. С. 149–152.
19. Ямалов С.М., Шайхисламова Э.Ф., Миркин Б.М. Сегетальная растительность Башкирского Зауралья // Растительность России. 2007. № 10. С. 89–99.
20. *Convolvulus arvensis* (CONAR) // EPPO Global Database. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/CONAR> (дата обращения: 18.06.2025).
21. Курдюкова О.М., Гаврилюк Ю.В., Несторенко С.М. Екологічна структура бур'янів культурфітоценозів північного степу України // Бюллетень Никитского ботанического сада. 2009. Вып. 98. С. 31–34.
22. Martínez Varea C.M., Badal García E. Plant use at the end of the Upper Palaeolithic: archaeobotanical remains from Cova de les Cendres (Teulada-Moraira, Alicante, Spain) // Vegetation. History and Archaeobotany. 2017. Vol. 27(1). Pp. 3–14. DOI: 10.1007/s00334-017-0616-0.
23. Search occurrences // Global Biodiversity Information Facility (GBIF). URL: [https://www.gbif.org/occurrence/search?taxon\\_key=2925901](https://www.gbif.org/occurrence/search?taxon_key=2925901) (дата обращения: 18.06.2025).

## References

1. Agroecological atlas of Russia and adjacent countries: agricultural plants, their pests, diseases and weeds. AgroAtlas. URL: <http://www.agroatlas.ru/ru/gis/index.html>. (In Russ.).
2. Alekhin V.T., Mikhaylikova V.V., Mikhina N.G. Economic thresholds for harmfulness of pests, diseases and weed plants in agricultural crops: handbook. Moscow: Rosinformagrotech Publishers; 2016. 73 p. (In Russ.).
3. Akhkubekova A.A., Tamakhina A.Yu. Borage family (*Boraginaceae* Juss.) of the flora of Kabardino-Balkarian Republic. In: Scientific Forum: Medicine, Biology and Chemistry: Proceedings of the IX International Research-to-Practice Conference. Moscow: International Center for Science and Education Publishers. 2018;1(9):6-12. (In Russ.).
4. GOST ISO/IEC 17025. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. Moscow: Standartinform Publishers, 2025. 29 p. (In Russ.).
5. Objects of Plant Origin Identification. Collection of the Department of Higher Plants of the Faculty of Biology of Moscow State University. Information system for plant objects identification based on carpological, palynological and anatomical data. URL: <http://botany-collection.bio.msu.ru>. (In Russ.).

6. Levashov A.N., Sharova D.D. The adventive component of the meadow communities of Vologda. In: Evolutionary and ecological aspects of the study of living matter: Proceedings of the I All-Russian Scientific Conference (Cherepovets, February 8-9, 2017); in 4 books. Cherepovets: Cherepovets State University. 2017;3:9-18. (In Russ.).
7. Morozova O.V. Archaeophytes in the flora of European Russia. *Russian Journal of Biological Invasions*. 2023;1:53-129. DOI: 10.35885/1996-1499-16-1-53-129. (In Russ.).
8. On approval of the procedure for laboratory support of quarantine phytosanitary measures: Decision of the Eurasian Economic Commission of May 10, 2016 No. 41. URL: <https://fsvps.gov.ru/files/reshenie-evrazijskoj-jeconomicheskoy-k-2/>. (In Russ.).
9. Concerning Plant Quarantine: Federal Law of the Russian Federation of July 21, 2014 No. 206-FZ. URL: <https://fsvps.gov.ru/files/federalnyj-zakon-ot-21-07-2014-n-206-fz-o-karantin/>. (In Russ.).
10. Ostapko V.M., Boyko A.V., Molenkova E.G. Adventive fraction of flora in the South-East of Ukraine. *Industrial Botany*. 2009;9:32-47. (In Russ.).
11. Industry Classifier of Weed Plants: information publication. Moscow: Rosinformagrotech Publishers; 2018. 52 p. (In Russ.).
12. Sukholozova E.A., Safonov A.V., Sukholozov E.A. The study of weeds in wheat grown in Penza Oblast to assess the export potential of the region. *Plant Health and Quarantine*. 2022;2(10):14-24. DOI: 10.69536/p6953-2144-3784-x. (In Russ.).
13. Usik N.A. Addition to Altai region and Altai Republic flora from Boraginaceae family. *Turczaninowia*. 2002;5(2):49-53. (In Russ.).
14. Flora of the European part of the USSR = Flora partis europaeae URSS; in 11 vols. Joint authorship; edited by An.A. Fedorov. Vol. 5. Angiospermae: Dicotyledones (volume editor R.V. Kamelin.). Leningrad: Nauka Publishers (Leningrad Department); 1981. 379 p. (In Russ.).
15. Flora of the USSR = Flora URSS (Flora Unions Rerumpublicarum Sovieticarum Socialistarum); in 30 vols.; Chief editor Academician V.L. Komarov. Vol. XIX. Convolvulaceae, Cuscutaceae, Boraginaceae, etc. (volume editor B.K. Shishkin). Leningrad: Publishing House of the USSR Academy of Sciences; 1953. 752 p. (In Russ.).
16. Ebel A.L., Ovchinnikova S.V. Overview of the Borage family (*Boraginaceae* Juss.) in the flora of Kemerovo region. *Botanical Investigations of Siberia and Kazakhstan*. 2022;28:38-45. (In Russ.).
17. Grain export/import. Executive Summary. Federal Service for Veterinary and Phytosanitary Surveillance (Rosselkhoz nadzor). URL: <https://fsvps.gov.ru/importexport>. (In Russ.).
18. Yamalov S.M., Shaikhislamova E.F., Mirkin B.M. The segetal vegetation of Bashkirian Trans-Urals. *Vegetation of Russia*. 2007;10:89-99. (In Russ.).
19. Yamalov S.M., Bayanov A.V., Golovanov Ya.M. Analysis of adventive components steppe and meadow communities in Southern Urals. *Vestnik of the Orenburg State University*. 2013;5:149-152. (In Russ.).
20. *Convolvulus arvensis* (CONAR). EPPO Global Database. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/CONAR>.
21. Kurdyukova O.M., Gavriluk Yu.V., Nestorenko S.M. Ecological structure of weeds of cultural phytocenoses of the northern steppe of Ukraine. *Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens*. 2009;98:31-34.
22. Martínez Varea C.M., Badal García E. Plant use at the end of the Upper Palaeolithic: archaeobotanical remains from Cova de les Cendres (Teulada-Moraira, Alicante, Spain). *Vegetation. History and Archaeobotany*. 2017; 27(1):3-14. DOI: 10.1007/s00334-017-0616-0.
23. Search occurrences. Global Biodiversity Information Facility (GBIF). URL: [https://www.gbif.org/occurrence/search?taxon\\_key=2925901](https://www.gbif.org/occurrence/search?taxon_key=2925901).

#### Информация об авторах

Е.В. Разумова – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, начальник научно-методического отдела Воронежского филиала ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений», ERazumova18@mail.ru.

Ю.В. Орлова – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела инвазивных видов растений ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений», orl-jul@mail.ru

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

#### Information about the authors

E.V. Razumova, Candidate of Biological Sciences, Leading Research Scientist, Head of the Scientific and Methodological Department, All-Russian Plant Quarantine Center, Voronezh Branch, ERazumova18@mail.ru.

Yu.V. Orlova, Candidate of Biological Sciences, Senior Research Scientist, the Department of Invasive Plant Species, All-Russian Plant Quarantine Center, orl-jul@mail.ru.

E.M. Oleynikova, Doctor of Biological Sciences, Professor, the Dept. of Soil Management and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, cichor@agronomy.vsau.ru.

Статья поступила в редакцию 20.02.2026; одобрена после рецензирования 26.03.2026; принята к публикации 10.04.2026.

The article was submitted 20.02.2026; approved after reviewing 26.03.2026; accepted for publication 10.04.2026.

© Разумова Е.В., Орлова Ю.В., Олейникова Е.М., 2026

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

Научная статья

УДК 546.56:546.711:628.381.1:631.445.24

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2026\_2\_38

EDN: BRJFYX

**Динамика накопления микроэлементов при однократном  
внесении удобрения на основе осадка сточных вод  
в системе «дерново-подзолистая почва – растение»**

**Анна Сергеевна Пинаева<sup>1✉</sup>, Ирина Владимировна Ельшаева<sup>2</sup>**

<sup>1, 2</sup> Санкт-Петербургский государственный аграрный университет,  
Пушкин-Санкт-Петербург, Россия

<sup>1</sup> pinaeva95@inbox.ru<sup>✉</sup>

**Аннотация.** Представлены результаты исследования, выполненного с целью оценки динамики накопления микроэлементов в системе «дерново-подзолистая почва – растение» при однократном внесении удобрения на основе осадка сточных вод муниципальных очистных сооружений. Объектами исследования выбраны бобово-злаковые (*Vicia sativa* × *Avena sativa* L.) и злаковые (*Lolium perenne* L.) травосмеси, а также компостированный осадок сточных вод (ОСВ). Схема опыта включала семь вариантов в трехкратной повторности: фоновые – контроль без удобрений и внесение полуперепревшего подстилочного навоза КРС и опытные варианты внесения компоста на основе ОСВ в дозах 20 и 40 т/га, в том числе в комплексе с полным минеральным удобрением (N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>). После внесения органических удобрений фактическое содержание меди и марганца в пахотном горизонте оставалось в пределах установленных нормативов (ПДК и ОДК). Максимальное содержание меди в почве отмечено в первый год исследования, в последующие годы оно постепенно снижалось. Высокие коэффициенты корреляции указывают на возможность адсорбции ионов меди органическим веществом почвы и pH, а также выносом этого элемента вико-овсяной смесью и райграсом в первый год вегетации. Максимальное содержание марганца, которое почти в 2,5 раза превышало его первоначальную концентрацию в почве, отмечено во второй год исследования. Установлено отсутствие статистически значимой зависимости продуктивности бобово-злакового и злакового агроценозов от содержания меди и марганца в почве, что свидетельствует о нелимитирующем характере данных микроэлементов в условиях проведенного эксперимента. Отмечено, что внесенные удобрения (в том числе на основе ОСВ) обеспечили микроэлементами растения, не оказав токсического действия. Анализ индексов накопления показал, что растения энергично и сильно извлекают из почвы и накапливают медь, в то время как марганец поглощается ими слабо, демонстрируя преимущественно средний уровень захвата. Рассчитанная биогеохимическая активность элементов изменялась в интервале от 7,81 до 47,6.

**Ключевые слова:** медь, марганец, динамика накопления, осадок сточных вод, дерново-подзолистая почва, подстилочный навоз, вико-овсяная смесь, райграс пастбищный

**Для цитирования:** Пинаева А.С., Ельшаева И.В. Динамика накопления микроэлементов при однократном внесении удобрения на основе осадка сточных вод в системе «дерново-подзолистая почва – растение» // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, № 2(89). С. 38–48. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_38](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_38)–48.

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

**Dynamics of accumulation of microelements in response to single application  
of sewage sludge based fertilizer in “soddy-podzolic soil – plant” system**

**Anna S. Pinaeva<sup>1✉</sup>, Irina V. Elshaeva<sup>2</sup>**

<sup>1, 2</sup> Saint Petersburg State Agrarian University, Pushkin – Saint Petersburg, Russia

<sup>1</sup> pinaeva95@inbox.ru<sup>✉</sup>

**Abstract.** The authors present the results of a study performed to assess the dynamics of accumulation of trace elements in “soddy-podzolic soil – plant” system in response to single application of a fertilizer based on sewage sludge from public purifying installation. The objects of the study were legume-grass (*Vicia sativa* × *Avena sativa* L.) and herbage (*Lolium perenne* L.) mixtures, as well as composted sewage sludge. The experimental scheme included seven three-fold variants: background control without fertilizers & semi-rotted farmyard cattle manure application, and experimental variants of composting at doses of 20 and 40 t/ha, including in combination with full mineral fertilizer (N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>). After applying organic fertilizers, the actual content of copper and manganese in the arable horizon remained within the established standards (MPC and APK). The maximum copper content in the soil was noted in the first year of the study, and it gradually decreased in subsequent years. High correlation coefficients indicate the possibility of copper ions adsorption by soil organic matter and pH, as well as the removal

of this element by vetch-oat mixture and ryegrass in the first year of vegetation. The maximum content of manganese was noted in the second year of the study, which was almost 2.5 times higher than its initial concentration in the soil. The absence of a statistically significant dependence of the productivity of legume-grass and herbage mixtures agrocenoses on the content of copper and manganese in the soil has been established, which indicates the non-limiting nature of these trace elements in the conditions of the experiment. It was noted that the fertilizers applied (including those based on sewage sludge) provided the plants with trace elements without having a toxic effect. Analysis of accumulation indices revealed that plants actively and intensively extract and accumulate copper from the soil, whereas manganese is weakly absorbed, exhibiting predominantly moderate biological capture. The calculated biogeochemical activity of the elements ranged from 7.81 to 47.6.

**Keywords:** copper, manganese, accumulation dynamics, sewage sludge, soddy-podzolic soil, farmyard manure, vetch-oat mixture, perennial ryegrass

**For citation:** Pinaeva A.S., Elshaeva I.V. Dynamics of accumulation of microelements in response to single application of sewage sludge based fertilizer in "soddy-podzolic soil – plant" system. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(2):38-48. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_38-48](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_38-48).

**Введение**  
Микроэлементы играют важную биохимическую и физиологическую роль в жизни всех растений, при этом как недостаток микроэлементов, так и их избыток неблагоприятны. Положительное влияние микроэлементов связано с тем, что они принимают участие в окислительно-восстановительных процессах, углеводном и азотном обменах, повышают устойчивость растений к болезням и неблагоприятным условиям внешней среды.

Основными для жизнедеятельности растений и других живых организмов являются марганец, медь, бор, цинк, молибден, никель, кобальт, ванадий, йод [1, 16].

Медь (Cu) участвует в регулировке процессов дыхания, углеводном и азотном обменах, улучшает развитие корневой системы, участвует в синтезе хлорофилла и лигнина, фотосинтеза, повышает устойчивость растений к болезням и негативным факторам окружающей среды. Марганец участвует в окислительно-восстановительных реакциях, поддерживает структуру хлоропластов, является необходимым компонентом синтеза витамина С, интенсифицирует накопление сахара в корнеплодах сахарной свеклы и белка у зерновых культур, активизирует ферменты [1, 14].

Эти два металла наиболее доступны для растений на кислых почвах ( $\text{pH}_{\text{KCl}} \leq 5,5$ ). Кроме того, их доступность зависит от содержания органического вещества, а также от их высокой концентрации в пахотном слое почвы. Внесение меди и марганца с удобрениями может иметь долговременный эффект, а неоднократное внесение может привести к их накоплению до концентраций, токсичных для некоторых культур [12, 23].

Наиболее чувствительными к высокому содержанию Cu и Mn в почве, а также их недостатку, по мнению ряда авторов, являются зерновые, бобовые, плодовые деревья. Овощные культуры особо чувствительны к недостатку или избытку марганца [1, 11, 14].

Учитывая вышеизложенное, цель представленного исследования заключалась в оценке динамики накопления (миграции и аккумуляции) микроэлементов в системе «дерново-подзолистая почва – растение» в условиях однократного внесения удобрения на основе осадков сточных вод.

#### Объекты и методы

Исследования выполняли в 2021–2023 гг. на базе учебно-опытного сада ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет».

Опыт заложен на дерново-слабоподзолистой среднесуглинистой, сформированной на моренном суглинке, почве. Исходные агрохимические данные пахотного слоя характеризовались содержанием органического углерода 3,6%, слабокислой реакцией среды ( $\text{pH}_{\text{KCL}} = 5,29$ ), высоким уровнем обеспеченности подвижным фосфором (339 мг  $\text{P}_2\text{O}_5/\text{кг}$ ) и калием (440 мг  $\text{K}_2\text{O}/\text{кг}$ ) [10]. До внесения удобрений фоновые концентрации исследуемых микроэлементов: Cu – 11,30–21,58 мг/кг, Mn – 194,02–327,22 мг/кг, что соответствует требованиям СанПиН 1.2.3685-21 [18].

Исследуемые культуры высевали на делянках площадью 5,06 м<sup>2</sup>: в первый год закладки опыта высевали вико-овсяную смесь (*Vicia sativa* × *Avena sativa* L.), а в последующие годы – райграс пастбищный (*Lolium perenne* L.).

Схема опыта включала следующие варианты в трехкратной повторности:

- 1) без удобрений (контроль);
- 2) полуперепревший подстилочный навоз в дозе 20 т/га;
- 3) компост на основе осадка сточных вод в дозе 20 т/га;
- 4) полуперепревший подстилочный навоз в дозе 20 т/га + N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>;
- 5) компост на основе осадка сточных вод в дозе 20 т/га + N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>;
- 6) полуперепревший подстилочный навоз в дозе 40 т/га;
- 7) компост на основе осадка сточных вод в дозе 40 т/га [8, 20].

Применяемые органические удобрения – классический полуперепревший навоз КРС (подстилочный) и компост на основе осадка коммунальных сточных вод (компост ОСВ) [10].

Компост ОСВ соответствовал нормативам ГОСТ Р 54651-2011: конечная кислотность составляла pH 6,8, а концентрация потенциально опасных микроэлементов не превышала установленных гигиенических нормативов, таким образом исключался риск вторичного загрязнения пахотного горизонта почвенного профиля [7].

Концентрация изучаемых элементов в удобрениях составила:

- навоз – Cu = 15,56 ± 0,55 и Mn = 243,70 ± 23,0 мг/кг;
- компост на основе ОСВ – Cu = 12,29 ± 1,80 и Mn = 146,95 ± 24,80 мг/кг.

Минеральные удобрения в дозе N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> вносили в следующем порядке:

- 2021 г. – при посеве аммиачная селитра, простой суперфосфат и калимагнезия;
- 2022 и 2023 гг. – азофоска в качестве подкормки [8, 20].

Уборку растительной массы проводили в разные для каждой культуры фазы:

- в 2021 г. – при восковой спелости зерна овса и цветении вики;
- в 2022 г. – в фазе кущения райграса;
- в 2023 г. – дважды (первый укос – при созревании зерна, второй укос – в фазе кущения) [10].

Лабораторный анализ включал определение агрохимических показателей почвы по действующим стандартам:

- органическое вещество – ГОСТ 26213-2021 [4];
- обменная кислотность – ГОСТ 26483-85 [5];
- подвижные формы фосфора и калия – ГОСТ Р 54650-2011 [6].

Количественное содержание Cu и Mn в растительных пробах и почве измеряли методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Подготовку проб растений осуществляли через мокрое озоление [3, 19]. Валовые формы в почвенных образцах извлекали 3-часовым кипячением в 5 М HNO<sub>3</sub> (по методике М-02-902-125-2005) [13], а подвижные – экстракцией ацетатно-аммонийным буферным раствором (pH 4,8) [17].

Статистическую обработку массива данных выполняли с применением дисперсионного и корреляционного анализа в программах MS Excel и Diana.

### Результаты и их обсуждение

Содержание меди и марганца в почве после внесения удобрений не превышало ПДК/ОДК (табл. 1). Максимальное валовое содержание меди наблюдалось в год закладки опыта, что объясняется непосредственным поступлением элемента с удобрениями. Концентрация относительно исходного уровня повысилась в 1,4–1,8 раза, максимальное увеличение наблюдалось на варианте применения компоста ОСВ 20 т/га (21,8 мг/кг), а минимальные значения – при внесении полуперепревшего навоза с минеральными удобрениями (19,0 мг/кг). Во второй и третий годы исследования наблюдалось уменьшение концентрации меди: в 2022 г. – в 1,22–2,10 раза (контроль – 15,6 мг/кг; компост ОСВ 40 т/га – 9,5 мг/кг), в 2023 г. – в 1,05–1,4 раза, что может свидетельствовать о стабилиза-



ции пула меди в почвенном профиле. Вероятно, медь активно расходовалась бобово-злаковыми травами, а также наблюдалась возможная адсорбция форм Cu органическим веществом и pH [2, 16]. Коэффициент корреляции с  $pH_{KCL}$  в 2022 г. равнялся 0,63 (связь высокая положительная), в 2023 – 0,90 (связь очень высокая положительная). Корреляция с содержанием органического вещества в почве в 2022 г. была отрицательной (– 0,75, связь высокая отрицательная), в 2023 г. – 0,83 (связь очень высокая положительная). Коэффициент вариации валовых форм меди в почвах опытных делянок указывает на среднюю изменчивость признака.

**Таблица 1. Вариационно-статистические показатели содержания валовых и подвижных форм меди и марганца в слое 0–25 см за 2021–2023 гг., мг/кг**

| Год                        | Медь (Cu)   |               |           | Марганец (Mn) |               |           |
|----------------------------|-------------|---------------|-----------|---------------|---------------|-----------|
|                            | $M \pm m$   | lim (min-max) | $C_v$ , % | $M \pm m$     | lim (min-max) | $C_v$ , % |
| <b>5 M HNO<sub>3</sub></b> |             |               |           |               |               |           |
| 2021                       | 20,5 ± 3,5  | 19,0–21,8     | 17,0      | 314,2 ± 43,0  | 261,5–375,5   | 13,7      |
| 2022                       | 13,5 ± 2,7  | 9,5–15,6      | 19,8      | 578,0 ± 126,5 | 330,0–720,4   | 21,9      |
| 2023                       | 11,4 ± 1,4  | 8,9–13,1      | 12,3      | 341,6 ± 46,6  | 303,7–383,3   | 13,6      |
| <b>ААБ pH 4,8</b>          |             |               |           |               |               |           |
| 2021                       | 0,35 ± 0,02 | 0,33–0,40     | 6,3       | 70,4 ± 9,2    | 53,3–80,5     | 13,1      |
| 2022                       | 0,37 ± 0,05 | 0,25–0,40     | 14,0      | 55,1 ± 14,9   | 28,7–77,9     | 27,0      |
| 2023                       | 0,33 ± 0,10 | 0,29–0,38     | 29,4      | 53,0 ± 13,6   | 33,8–68,9     | 25,7      |

Примечание: M – среднее арифметическое, m – стандартное отклонение.

В первый год после закладки опыта (2021 г.) среднее по вариантам содержание марганца увеличилось на 20% относительно исходного фона, что свидетельствует о непосредственном поступлении микроэлемента с удобрениями. При этом коэффициент вариации данных оставался умеренным ( $C_v = 13,7\%$ ), а диапазон концентраций составил 261,5–375,5 мг/кг. Максимальные значения отмечены на варианте внесения максимальной дозы компоста ОСВ (40 т/га), что объясняется суммарным эффектом внесения металла с удобрением и возможным усилением сорбционной емкости почвы за счет гумификации [23]. Минимальные концентрации отмечены на варианте внесения навоза КРС (20 т/га) в комплексе с минеральными удобрениями ( $N_{30}P_{30}K_{30}$ ).

Во второй год концентрации валового марганца возросли в 1,5–2,5 раза относительно показателей 2021 г., достигнув значений 330,0–720,4 мг/кг. Такой прирост, особенно на варианте внесения навоза 20 т/га +  $N_{30}P_{30}K_{30}$  (720,4 мг/кг), возможен в результате минерализации органического вещества, высвобождающего ранее иммобилизованные формы элемента, а также перераспределения марганца в профиле почвы [1, 23]. Коэффициент вариации в 2022 г. составлял 21,9%, что указывает на высокую неоднородность распределения металла по вариантам опыта, что подтверждает статистический анализ ( $HSP_{05} = 52,9$ ) различий между опытными вариантами и контролем.

К третьему году эксперимента концентрации марганца снизились в среднем в 1,7 раза по сравнению со значениями 2022 г. Значения уменьшились в интервале 303,7–383,3 мг/кг, а коэффициент вариации данных стал умеренным – 13,6%. Максимальные концентрации отмечены на варианте внесения навоза (20 т/га), тогда как минимальные – на контрольном варианте, что подчеркивает пролонгированное влияние органических удобрений на миграционный потенциал элемента. Коэффициент корреляции с агрохимическими показателями: валовое содержание Mn с подвижным  $P_2O_5$  – 0,85 (связь очень высокая положительная), подвижная форма Mn с органическим веществом почвы и степенью насыщенности основаниями – соответственно 0,83 и 0,80 [9, 15].

В среднем за годы исследования доля подвижных форм элементов в почве составила: для меди – 2,47%; для марганца – 16,17% (рис. 1). Таким образом, за три года исследования подвижность микроэлементов снижалась в ряду  $Mn > Cu$ , что указывает на различия в их почвенно-химическом поведении.

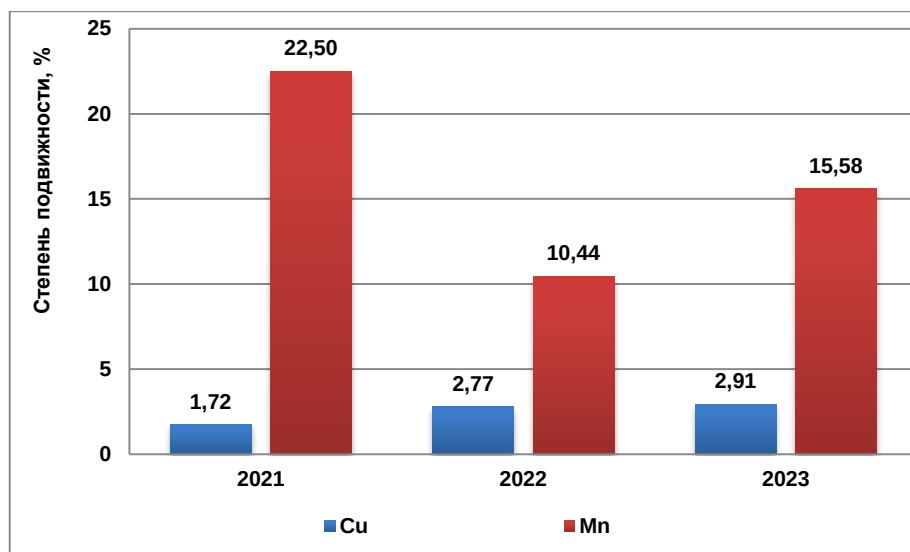


Рис. 1. Степень подвижности меди и марганца в почве

Содержание меди в фитомассе бобово-злаковых и злаковых трав варьировало в зависимости от года исследования, не достигая при этом пороговых значений токсичности для кормовых культур (30 мг/кг согласно ветеринарно-санитарным требованиям) (табл. 2). Максимальная аккумуляция элемента отмечена в первый год опыта на варианте применения компоста ОСВ (20 т/га) – 20,8 мг/кг в воздушно-сухой массе вико-овсяной смеси. Во второй год вегетации райграс пастбищный проявил повышенную способность к усвоению Cu, что может быть интерпретировано как результат синергетического действия двух факторов: доступности элемента в почве и онтогенетических изменений в метаболизме многолетних злаков, переходящих от фазы укоренения к интенсивному наращиванию надземной биомассы [12, 14].

Марганец в первый год накапливался вико-овсяной смесью без достоверных различий. Райграс пастбищный максимально накапливал микроэлемент во второй год вегетации в первый укос. Максимальная концентрация Mn отмечена на варианте применения навоза в дозе 40 т/га – 89,0 мг/кг. Максимально-допустимый уровень (МДУ) меди в грубых и сочных кормах составляет 30 мг/кг корма, в то время как содержание Mn не нормируется [1, 21, 22]. Оптимальное содержание Mn варьирует в широких пределах и напрямую зависит от вида животного, его возраста, физиологического состояния и уровня продуктивности.

Таблица 2. Вариационно-статистические показатели содержания меди и марганца в растениях вико-овсяной смеси и райграса пастбищного за 2021–2023 гг., мг/кг

| Год                | Cu             |               |           | Mn              |               |           |
|--------------------|----------------|---------------|-----------|-----------------|---------------|-----------|
|                    | $M \pm m$      | lim (min-max) | $C_v, \%$ | $M \pm m$       | lim (min-max) | $C_v, \%$ |
| 2021               | $16,6 \pm 3,4$ | 10,0–20,8     | 20,8      | $25,1 \pm 0,5$  | 23,9–25,9     | 1,8       |
| 2022               | $12,6 \pm 1,6$ | 8,5–15,1      | 12,5      | $38,9 \pm 4,9$  | 30,8–44,8     | 12,5      |
| 2023<br>(1-й укос) | $2,2 \pm 0,8$  | 0,6–3,6       | 36,8      | $60,4 \pm 14,4$ | 42,9–89,3     | 23,8      |
| 2023<br>(2-й укос) | $2,3 \pm 0,5$  | 1,2–3,0       | 23,4      | $44,8 \pm 12,1$ | 21,4–66,8     | 27,0      |

Степень миграции микроэлементов по цепи «почва – растение» характеризовали с использованием системы геохимических коэффициентов, включающей коэффициент накопления (КН) и индекс аккумуляции ( $I_A$ ) [2, 15]. Первый показатель отражает способность культур к усвоению валового запаса элемента в пахотном слое, второй – характеризует интенсивность поглощения лабильных форм металла, находящихся в биодоступном состоянии. Математически оба коэффициента представляют собой отношение концентрации микроэлемента в растительной массе (мг/кг воздушно-сухой массы) к его содержанию в почве (мг/кг), при этом для КН используют валовую форму, а для  $I_A$  – подвижную форму, извлекаемую ААБ (рН 4,8).

Анализ коэффициентов накопления (КН) позволил оценить интенсивность поглощения исследуемых микроэлементов надземной массой культур. Для марганца (рис. 2) значения КН на протяжении всего периода исследований не превышали 0,26, что, согласно классификации А.И. Перельмана [15], соответствует категории низкого накопления ( $КН < 0,1-0,3$ ). Такая слабая аккумуляция Мп растениями свидетельствует о наличии эффективных барьерных механизмов, ограничивающих транслокацию элемента из корневой системы в вегетативные органы, либо о преимущественной фиксации металла в ризосфере в труднорастворимых формах [15].

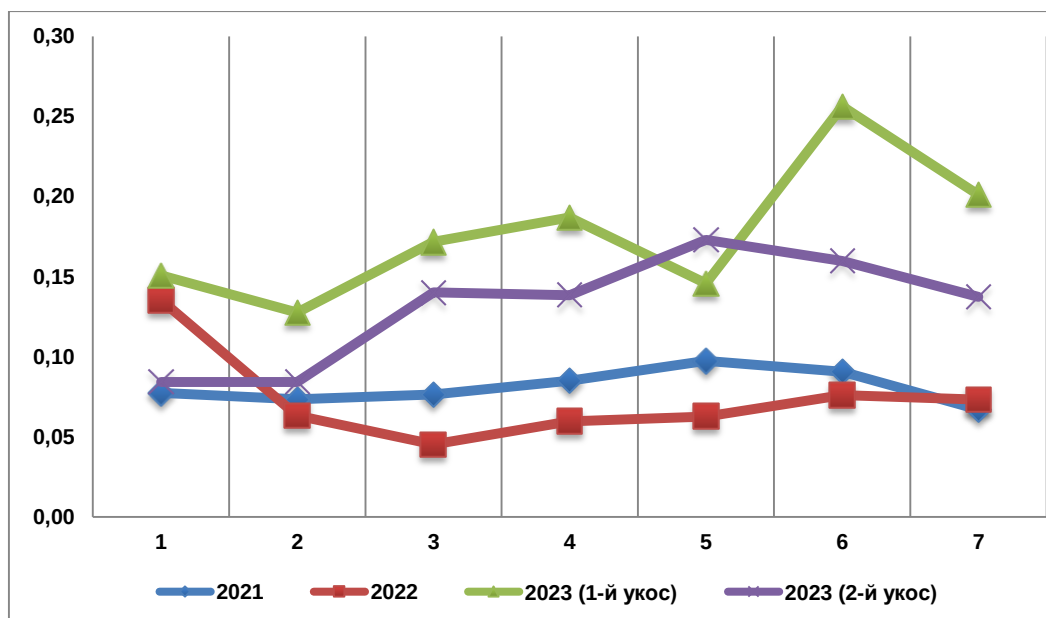


Рис. 2. Коэффициенты накопления марганца растениями

В отличие от марганца, медь демонстрировала существенно более высокую способность к аккумуляции (рис. 3).

В первый год вегетации (2021 г.) для вико-овсяной смеси КН приближался к единице (0,59–0,98), что характеризует средний уровень накопления ( $0,3 < КН < 1,0$ ) и указывает на активное усвоение элемента бобово-злаковым агроценозом. Особенно интенсивное поглощение меди отмечено у райграса пастбищного в фазе кущения (второй год вегетации, 2022 г.), когда коэффициенты достигали 0,82–0,98, приближаясь к порогу сильного накопления. Это объясняется высокой физиологической потребностью многолетних злаков в меди в период активного формирования вегетативной массы и синтеза ферментных систем [1].

К третьему году эксперимента (2023 г.) коэффициенты накопления меди при учете обоих укосов райграса снизились до 0,06–0,36, что свидетельствует о переходе к низкому уровню аккумуляции. Вероятно, это связано с усилением конкурентного взаи-

модействия с другими катионами ( $Zn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ), а также с изменением физиологической активности растений в разные фазы онтогенеза (спелость зерна в первом укосе, кущение во втором укосе) [1, 12, 14].

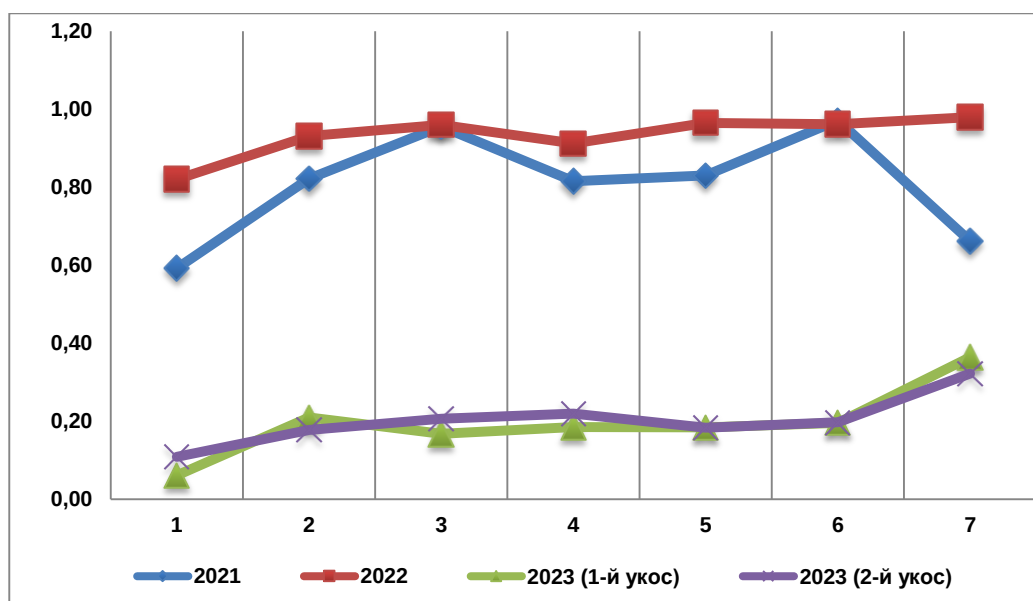


Рис. 3. Коэффициенты накопления меди растениями

Показатель  $I_A$  отражает интенсивность поглощения микроэлементов, формирующаяся под влиянием физиолого-биохимических и почвенно-геохимических факторов [15, 21]. Анализ полученных значений продемонстрировал, что в первый год вегетации вико-овсяная смесь и райграс являются аккумуляторами меди энергичного типа ( $I_A > 10$ ).

На второй год вегетации райграса пастбищного интенсивность усвоения микроэлемента снижалась, что позволяет квалифицировать медь как элемент сильного накопления  $10 > I_A > 1$  (рис. 4) [21].

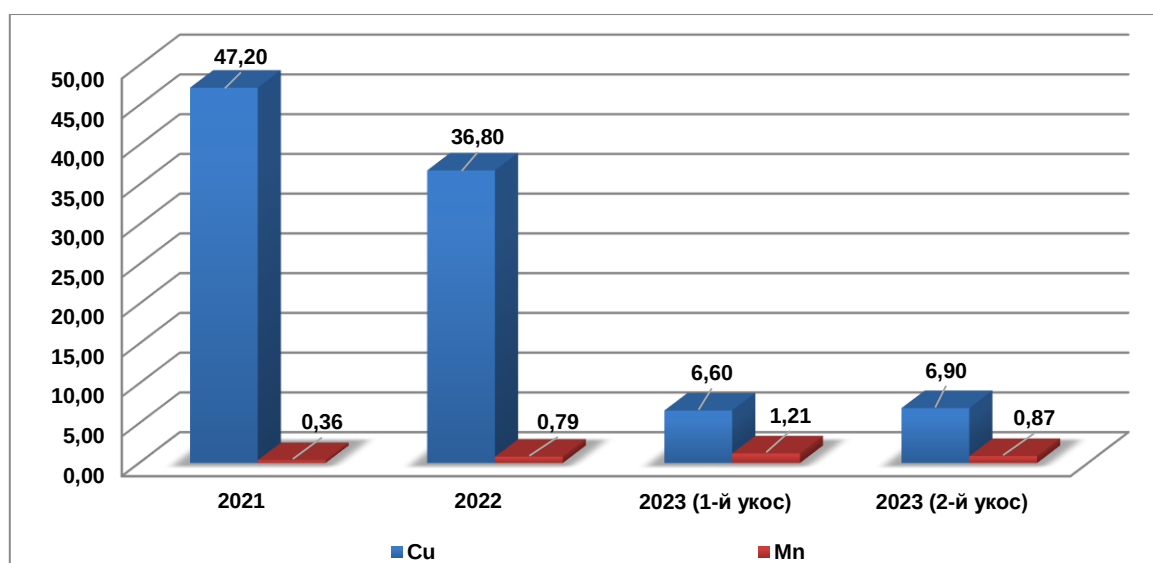


Рис. 4. Индекс аккумуляции меди и марганца растениями за 2021–2023 гг.

Марганец, наоборот, является элементом среднего захвата ( $1 > I_A > 0,1$ ) в первый, второй и во второй укос третьего года эксперимента. На третий год вегетации

сильный захват марганца ( $10 > I_A > 1$ ) райграсом пастбищным зафиксирован в растениях первого укоса, что также показывает и коэффициент накопления. По-видимому, это связано с потребностью в микроэlemente в фазе спелости зерна райграса.

Биогеохимическая активность (БХА) – суммарная величина индекса аккумуляции, которая отображает общую способность миграции микроэлементов в растения. БХА изменяется от 7,81 до 47,56. Максимальные значения БХА отмечены в 2021 и 2022 гг., что и доказывают коэффициенты накопления и индекс аккумуляции.

В первый год вегетации все варианты с внесением удобрений, в том числе содержащие компост ОСВ, продемонстрировали статистически значимое повышение продуктивности травостоя по сравнению с контрольным вариантом (рис. 5).

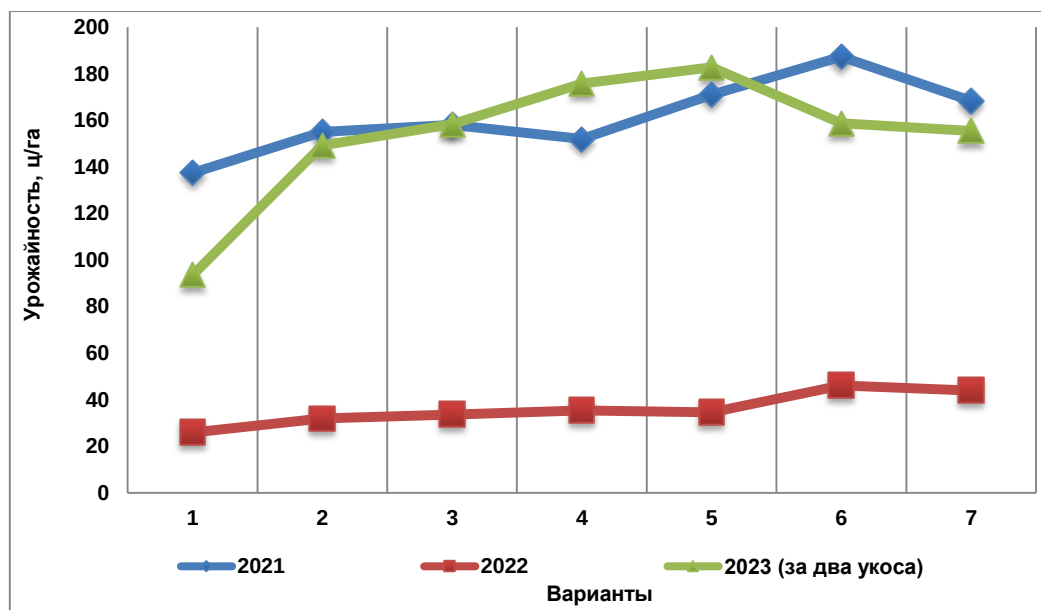


Рис. 5. Урожайность бобово-злаковых и злаковых трав зеленой массы, ц/га: 2021 г. – НСР<sub>05</sub> = 20,6; 2022 г. – НСР<sub>05</sub> = 16,3; 2023 г. (за два укоса) – НСР<sub>05</sub> = 37,0

Применение органических удобрений в дозе 20 т/га стимулировало прирост фитомассы, однако статистически достоверная прибавка урожайности вико-овсяной смеси зафиксирована при добавлении минеральных удобрений в комбинации с компостом ОСВ. Двойная доза органических удобрений существенно увеличила продуктивность: максимальный выход зеленой массы отмечен при внесении навоза в повышенной дозе (+ 38,08% к контролю).

Урожайность райграса пастбищного в 2022 г. характерна для его продуктивности в первый год вегетации, что обусловлено развитием корневой системы и узла кущения растений. Однако отмечены различия между вариантами, что и подтверждает дисперсионный анализ: максимальная продуктивность получена на вариантах внесения органических удобрений в дозе 40 т/га – прибавка 69,23–77,30% к контролю. На второй год вегетации наблюдалась достоверная разница суммарной урожайности за два укоса, которая зависела от фона удобрений: на вариантах применения органических удобрений в комплексе с минеральными урожайность повысилась до 87,9–95,4%, тогда как на варианте применения только органических – до 59,5–69,6% [10].

Корреляционный анализ не выявил зависимости между урожайностью бобово-злаковых, злаковых трав и содержанием меди и марганца в почве: урожайность не зависела от валового и подвижного содержания микроэлементов (связь слабая/умеренная).

## Выводы

1. Однократное внесение компоста на основе осадка сточных вод (ОСВ) в дозах 20 и 40 т/га как в чистом виде, так и в сочетании с минеральными удобрениями ( $N_{30}P_{30}K_{30}$ ) обеспечило поступление меди и марганца в пахотный горизонт на уровне, сопоставимом с применением полуперепревшего подстилочного навоза КРС в аналогичных дозах.

Значения концентрации микроэлементов в почве и растениях не превышали гигиенических нормативов (ПДК/ОДК и МДУ), обеспечивая поступление меди и марганца в пахотный горизонт в пределах физиологической нормы, не вызывая токсического угнетения растений.

2. Биогеохимическая оценка интенсивности поглощения элементов продемонстрировала видоспецифичность аккумуляции:

- медь классифицирована как элемент энергичного накопления ( $I_A > 10$ ) в первый год вегетации и сильного захвата ( $10 > I_A > 1$ ) на второй год;

- марганец преимущественно относится к элементам среднего захвата ( $1 > I_A > 0,1$ ; среднее  $I_A = 0,67$ ), за исключением первого укоса райграса второго года вегетации, где зафиксировано сильное накопление, вероятно, обусловленное повышенной физиологической потребностью культуры в фазе генеративного развития.

Рассчитанные значения биогеохимической активности (БХА = 7,81–47,56) подтверждают максимальную интенсивность миграции микроэлементов по цепи «почва – растение» в 2021–2022 гг., что согласуется с данными по коэффициентам накопления и индексам аккумуляции.

3. Установлено отсутствие статистически значимой зависимости продуктивности бобово-злакового и злакового агроценозов от содержания меди и марганца в почве, что свидетельствует о нелимитирующем характере данных микроэлементов в условиях проведенного эксперимента.

## Список источников

1. Битюцкий Н.П. Необходимые микроэлементы растений: учебник для студентов биологических специальностей. Санкт-Петербург: Изд-во ДЕАН, 2005. 255 с.
2. Бускунова Г.Г., Ягафарова Г.А. Тяжелые металлы в системе «почва – дикорастущее лекарственное растение» (на примере *Cichorium intybus* L.) // Самарский научный вестник. 2022. Т. 11, № 1. С. 36–42. DOI: 10.55355/snv2022111103.
3. Воскресенская О.Л., Алябышева Е.А., Половникова М.Г. Большой практикум по биоэкологии: учебное пособие. Йошкар-Ола: Изд-во Марийского государственного университета, 2006. 107 с.
4. ГОСТ 26213-2021. Почвы. Методы определения органического вещества. Москва: Российский институт стандартизации, 2022. 12 с.
5. ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО. Москва: Издательство стандартов, 1985. 4 с.
6. ГОСТ Р 54650-2011. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. Москва: Стандартинформ, 2013. 12 с.
7. ГОСТ Р 54651-2011. Удобрения органические на основе осадков сточных вод. Технические условия. Москва: Стандартинформ, 2012. 11 с.

8. 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.
9. Ельчинонова О.А., Пузанов А.В., Рождественская Т.А. и др. Микроэлементы в межгорно-котловинных агроландшафтах Горного Алтая // Агрохимия. 2021. № 6. С. 16–27. DOI: 10.31857/S0002188121060041.
10. Ельшаева И.В., Титова В.И., Пинаева А.С. Влияние осадка сточных вод на агрохимическую характеристику дерново-подзолистого почвы и урожайность трав // Плодородие. 2024. № 1(136). С. 71–74. DOI: 10.25680/S19948603.2024.136.18.
11. Ефимов В.Н., Донских И.Н., Царенко В.П. Система удобрения: учебник для студентов высших учебных заведений по агрономическим специальностям. Москва: КолосС, 2002. 319 с.
12. Ильин В.Б. Тяжелые металлы и неметаллы в системе почва – растение: монография. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 2012. 220 с.
13. М-02-902-125-2005. Методика количественного химического анализа. Определение As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Sn, Zn (кислоторастворимые формы) в почвах и донных отложениях атомно-абсорбционным методом. Санкт-Петербург, 2005. 32 с.
14. Медведев С.С. Физиология растений: учебник. Санкт-Петербург: Изд-во Санкт-Петербургского государственного университета, 2004. 336 с.
15. Перельман А.И. Очерки геохимии ландшафта. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Издательская группа URSS, 2021. 400 с.
16. Пинаева А.С. Накопление никеля вико-овсяной смесью и райграсом пастбищным из дерново-подзолистого почвы в условиях многолетнего опыта с осадками сточных вод // Агрохимический вестник. 2025. № 3. С. 96–100. DOI: 10.24412/1029-2551-2025-3-018.
17. Руководящий документ РД 52.18.289-90. Методические указания. Методика выполнения измерений массовой доли подвижных форм металлов (меди, цинка, никеля, кадмия кобальта, хрома, марганца) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом. Обнинск: НПО «Тайфун», 1990. 36 с.
18. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: санитарные правила и нормы: утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 24.12.2020 № 53. Москва, 2020. 645 с.
19. Титова В.И., Дабахова Е.В., Дабахов М.В. Агро- и биохимические методы исследования состояния экосистем: учебное пособие для вузов. Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2011. 170 с.
20. Царенко В.П., Воробейков Г.А., Ефремова М.А. Полевые и вегетационные исследования по агрохимии и физиологии. Санкт-Петербург: Лань, 2023. 192 с.
21. Цыгвинцев П.Н., Гончарова Л.И., Манин К.В. и др. Определение оптимального содержания меди в почвах разного типа на основании динамической модели ее накопления в наземной биомассе и корнях растений (на примере ячменя *Hordeum vulgare* L.) // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. С. 570–577. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.3.570rus.
22. Hansch R., Mendel R.R. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl) // Current Opinion in Plant Biology. 2009. Vol. 12(3). Pp. 259–266. DOI: 10.1016/j.pbi.2009.05.006.
23. Kabata-Pendias A. Trace elements in soil and plants. 4th edition, revised. USA, Boca Raton, Florida: CRC Press Inc., 2011. 534 p.

## References

1. Bityutsky N.P. Essential microelements for plants: textbook for students of biological specialties. Saint Petersburg: DEAN Publishing House; 2005. 255 p. (In Russ.).
2. Buskunova G.G., Yagafarova G.A. Heavy metals in the system “soil – wild medicinal plant” (on the example of *Cichorium intybus* L.). *Samara Journal of Science*. 2022;11(1):36-42. DOI: 10.55355/snv202222111103. (In Russ.).
3. Voskresenskaya O.L., Alyabyisheva E.A., Polovnikova M.G. Great Workshop on Bioecology: study guide. Yoshkar-Ola: Mari State University Publishers; 2006. 107 p. (In Russ.).
4. GOST 26213-2021. Soils. Methods for determination of organic matter. Moscow: Russian Institute for Standardization Publishers; 2022. 12 p. (In Russ.).
5. GOST 26483-85. Soils. Preparation of salt extract and determination of its pH by CINA method. Moscow: State Committee for Standardization Publishers; 1985. 4 p. (In Russ.).
6. GOST R 54650-2011. Soils. Determination of mobile phosphorus and potassium compounds by Kirsanov method in modified by CINA. Moscow: Standardinform Publishers; 2013. 12 p. (In Russ.).
7. GOST R 54651-2011. Organic fertilizers on basis ou sewage sludge. Specifications. Moscow: Standardinform Publishers; 2012. 11 p. (In Russ.).
8. Dospikhov B.A. Field-plot Technique (with the Basics of Statistical Processing of Results of Research and Experiments): study guide. 5th edition, revised and enlarged. Moscow: Agropromizdat Publishers; 1985. 351p. (In Russ.).

9. Elchinina O.A., Puzanov A.V., Rozhdestvenskaya T.A. et al. Microelements in agrolandscapes of Altai Intermountain Basins. *Agricultural Chemistry*. 2021;6:16-27. DOI: 10.31857/S0002188121060041. (In Russ.).
10. Elshaeva I.V., Titova V.I., Pinaeva A.S. Influence of sewage sludge on agrochemical parameters of soddy-podzolic soil and grass productivity. *Plodorodie*. 2024;1(136):71-74. DOI: 10.25680/ S19948603.2024.136.18. (In Russ.).
11. Efimov V.N., Donskikh I.N., Tsarenko V.P. Fertilizer system: textbook for students of higher educational institutions in agronomic specialties. Moscow: KolosS Publishers; 2002. 319 p. (In Russ.).
12. Ilyin V.B. Heavy metals and non-metals in the system "soil – plant": monograph. Novosibirsk: Nauka Publishers (Siberian Department); 2012. 220 p. (In Russ.).
13. M-02-902-125-2005. A methodology for quantitative chemical analysis. Determination of As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Sn, Zn (acid-soluble forms) in soils and bottom deposits by atomic absorption method. St. Petersburg; 2005. 32 p. (In Russ.).
14. Medvedev S.S. Plant physiology: textbook. St. Petersburg: Publishing House of St. Petersburg State University; 2004. 336 p. (In Russ.).
15. Perelman A.I. Essays on Landscape Geochemistry. 2nd edition, revised and enlarged. Moscow: URSS Publishing Group; 2021. 400 p. (In Russ.).
16. Pinaeva A.S. Nickel accumulation by vetch-oat mixture and pasture ryegrass from soddy-podzolic soil under conditions of long-term experiment with sewage sludge. *Agrochemical Herald*. 2025;3:96-100. DOI: 10.24412/1029-2551-2025-3-018. (In Russ.).
17. Guidance document RD 52.18.289-90. Methodological guidelines. A methodology for measuring the mass fraction of mobile forms of metals (copper, zinc, nickel, cadmium, cobalt, chromium, manganese) in soil samples by atomic absorption analysis. Obninsk: Research & Production Association Tayfun Publishers; 1990. 36 p. (In Russ.).
18. SanPiN 1.2.3685-21. Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans: sanitary rules and regulations: approved by Resolution No. 53 of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation of 24.12.2020. Moscow, 2020. 645 p. (In Russ.).
19. Titova V.I., Dabakhova E.V., Dabakhov M.V. Agro- and biochemical methods for studying the state of ecosystems: textbook for universities. Nizhny Novgorod: Volga Vyatka Academy of Public Administration Publishers; 2011. 170 p. (In Russ.).
20. Tsarenko V.P., Vorobeikov G.A., Efremova M.A. Field and vegetation research on agrochemistry and phytophysiology. St. Petersburg: Lan' Publishers; 2023. 192 p. (In Russ.).
21. Tsygvintsev P.N., Goncharova L.I., Manin K.V. et al. Estimation of the optimal Cu content in different soil types based of the dynamic model for copper accumulation in above ground parts and roots (on the example of barley *Hordeum vulgare* L. plants). *Agricultural Biology*. 2018;53:570-577. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.3.570rus. (In Russ.).
22. Hansch R., Mendel R.R. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). *Current Opinion in Plant Biology*. 2009;3(12):259-266. DOI: 10.1016/j.pbi.2009.05.006.
23. Kabata-Pendias A. Trace elements in soil and plants. 4th edition, revised. USA, Boca Raton, Florida: CRC Press Inc.; 2011. 534 p.

#### Сведения об авторах

А.С. Пинаева – соискатель кафедры почвоведения и агрохимии им. Л.Н. Александровой, научный сотрудник лаборатории экологического контроля объектов окружающей среды ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», pinaeva95@inbox.ru.

И.В. Ельшаева – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры почвоведения и агрохимии им. Л.Н. Александровой ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», elshaevaiv@mail.ru.

#### Information about the authors

A.S. Pinaeva, Degree Candidate, the Dept. of Soil Science and Agrochemistry named after L.N. Aleksandrova, Research Scientist, Laboratory of Ecological Control of Environmental Objects, Saint Petersburg State Agrarian University, pinaeva95@inbox.ru.

I.V. Elshaeva, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Soil Science and Agrochemistry named after L.N. Aleksandrova, Saint Petersburg State Agrarian University, elshaevaiv@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 10.02.2026; одобрена после рецензирования 20.03.2026; принята к публикации 27.03.2026.

The article was submitted 10.02.2026; approved after reviewing 20.03.2026; accepted for publication 27.03.2026.

© Пинаева А.С., Ельшаева И.В., 2026



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

Научная статья

УДК 634.22:581.165.711 (470.324)

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2026\_2\_49

EDN: AKKYHU

**Влияние параметров кроны привойно-подвойных  
комбинаций сливы домашней на потенциал  
продуктивности в условиях лесостепи ЦЧР****Елена Юрьевна Кальченко<sup>1✉</sup>, Раиса Григорьевна Ноздрачева<sup>2</sup>**<sup>1, 2</sup> Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I  
Воронеж, Россия<sup>1</sup> kalchenko.alena2013@yandex.ru✉

**Аннотация.** Представлены результаты исследований, выполненных на территории Воронежского ГАУ (лесостепь ЦЧР) в 2020–2022 гг. с целью оценки влияния фотосинтетически активной радиации (ФАР) на потенциал продуктивности привойно-подвойных комбинаций сливы. Объектами исследований являлись сорта сливы домашней – Утро (к), Воронежская компотная, Универсальная, Болховчанка, Венгерка воронежская, Память Тимирязева, привитые на семенные (алыча – контроль) и клоновые подвои ОП 23-23 и ВСВ-1. Сливовый сад заложен весной 2013 г. на серых лесных почвах по схеме 6 × 4 м на площади 1,0 га с задернением междурядий луговыми травами (без орошения). Кроны деревьев сформированы по разреженно-ярусному типу. Высокий потенциал продуктивности отмечен у сортов, размноженных на слаборослом подвое ВСВ-1 (1,95–3,1 т/га). Выявлено прямое влияние объема кроны привойно-подвойных комбинаций на коэффициент использования ФАР и потенциал продуктивности сортов сливы. Урожайность с учетом потенциала продуктивности была выше у сортов на подвое ОП 23-23. Наибольший показатель определен по сортам Венгерка воронежская, Утро (к) и Память Тимирязева – соответственно 24,07; 26,97 и 30,74 т/га (выше фактической на 15,77; 17,67 и 20,14 т/га). Меньший потенциал продуктивности отмечен у сортов Болховчанка, Воронежская компотная и Универсальная – 19,72; 21,75 и 21,75 т/га (выше фактической на 12,92 и 14,25 т/га). По подвою ВСВ-1 наибольшим потенциалом продуктивности обладал сорт Память Тимирязева (27,59 т/га), наименьшим – Венгерка воронежская (10,85 т/га). У сортов Утро (к), Воронежская компотная, Болховчанка, Универсальная изучаемый показатель варьировал в пределах 14,57–18,29 т/га. По сортам Универсальная, Болховчанка, Память Тимирязева и Венгерка воронежская потенциал продуктивности превосходил значения контрольного варианта (сеянцы), а по сорту Воронежская компотная был меньше контроля в среднем на 8,7 т/га.

**Ключевые слова:** слива домашняя, сорта, привойно-подвойные комбинации, объем кроны, потенциал продуктивности, ФАР, урожайность

**Для цитирования:** Кальченко Е.Ю., Ноздрачева Р.Г. Влияние параметров кроны привойно-подвойных комбинаций сливы домашней на потенциал продуктивности в условиях лесостепи ЦЧР // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, № 2(89). С. 49–59. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_49](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_49)–59.

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

Original article

**Productivity potential of common plum depending on crown parameters  
of scion-rootstock combinations in the forest-steppe  
conditions of the Central Chernozem Region****Elena Yu. Kalchenko<sup>1✉</sup>, Raisa G. Nozdracheva<sup>2</sup>**<sup>1, 2</sup> Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia<sup>1</sup> kalchenko.alena2013@yandex.ru✉

**Abstract.** The results of studies carried out in Voronezh State Agrarian University territory (forest steppe of the Central Chernozem Region) in 2020–2022 in order to assess the effect of photosynthetically active radiation (PAR) on the garden plum scion-rootstock combinations cropping capacity are presented. The objects of research were common plum varieties: Utro (C), Voronezhskaya Kompotnaya, Universalnaya, Bolkhovchanka, Vengerka Voronezhskaya, and Pamyat Timiryazeva, propagated on seedling (cherry plum as a control) and the OP 23-23 and VSV-1 clone rootstocks. The plum orchard was laid out in the spring of 2013. on gray forest soils according to the 6×4 m scheme on an area of 1.0 ha with row spacing with meadow grasses (without irrigation). The crowns of

the trees were formed according to a sparse-tiered type. High productivity potential was obtained from plum varieties propagated on the weak-growing VSV-1 rootstock (3.1 and 1.95). A direct influence of the crown volume of scion-rootstock combinations on the coefficient of PAR utilization and the productivity potential of plum varieties was revealed. Yields, taking into account cropping capacity, were higher for varieties on the OP 23-23 rootstock. The highest figures were determined for Vengerka Voronezhskaya, Utro (C) and Pamyat Timiryazeva varieties, i.e. 24.07, 26.97 and 30.74 t/ha respectively (higher than the actual by 15.77, 17.67 and 20.14 t/ha). Lower productivity potential was noted in Bolkhovchanka, Voronezhskaya Kompotnaya and Universalnaya varieties, i.e. 19.72, 21.75 and 21.75 t/ha (higher than the actual by 12.92 and 14.25 t/ha). According to the VSV-1 rootstock, the Pamyat Timiryazeva variety had the greatest productivity potential (27.59 t/ha), whereas the Vengerka Voronezhskaya variety had the lowest (10.85 t/ha). The Utro (C), Voronezhskaya Kompotnaya, Bolkhovchanka, Universalnaya varieties had the studied indicator ranging from 14.57–18.29 t/ha. Productivity potential of the Universalnaya, Bolkhovchanka, Pamyat Timiryazeva and Vengerka Voronezhskaya varieties exceeded the values of the control variant (seedlings), and of the Voronezhskaya Kompotnaya variety it was lower than the control by an average of 8.7 t/ha.

**Key words:** domestic plum, varieties, fruits, scion-rootstock combinations, crown volume, productivity potential, photosynthetically active radiation (PAR)

**For citation:** Kalchenko E.Yu., Nozdracheva R.G. Productivity potential of common plum depending on crown parameters of scion-rootstock combinations in the forest-steppe conditions of the Central Chernozem Region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(2):49-59. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_49-59](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_49-59).

## Введение

В последние годы в садоводстве в структуре плодовых насаждений увеличиваются площади под косточковыми культурами, в том числе под сливой. Растения сливы отличаются скороплодностью, регулярным плодоношением, высокой продуктивностью. В результате многолетней работы селекционерами получены сорта и подвои сливы для различных регионов возделывания, отличающиеся устойчивостью к неблагоприятным почвенно-климатическим условиям [4, 14, 19, 20].

Плоды сливы – ценный источник витаминов и микроэлементов, обладают высокими вкусовыми качествами, всегда востребованы населением. В условиях Воронежской области сливу употребляют в свежем виде с июля по октябрь, а с применением современных технологий хранения этот срок можно продлить до полугода [7, 21].

Основным направлением использования свежей продукции в промышленных сливовых садах является переработка. Увеличение производственных мощностей позволит пополнить рынок ценными продуктами переработки сливы высокого качества в свете политики импортозамещения.

В мировой практике садоводства сливу выращивают на клоновых подвоях, деревья отличаются сдержанным ростом, высокой эффективностью уходовых работ за кронами. Уплотненное размещение слаборослых растений в саду позволяет увеличить количество деревьев на единице площади, а малообъемная надземная часть сортов обеспечивает оптимальное размещение генеративных и вегетативных образований внутри кроны [2, 8, 11, 17].

Один из основных показателей кроны – объем – позволяет представить надземную часть дерева как оптическую систему, поглощающую активную радиацию (ФАР). Эффективное использование ФАР во многом зависит от архитектоники листьев и побегов в кроне, их освещенности, схемы посадки. У слаборослых деревьев на формирование урожая пластических веществ расходуется в два раза больше по сравнению с сильнорослыми, при этом хорошая освещенность внутри кроны улучшает санитарный режим и обеспечивает больший доступ активной радиации к ассимиляционному аппарату [3, 18].

Слаборослые привойно-подвойные комбинации позволяют максимально реализовать потенциал продуктивности деревьев сливы в саду.

Цель исследования заключалась в определении влияния степени использования ФАР на продуктивность привойно-подвойных комбинаций сливы в условиях Воронежской области (лесостепь ЦЧР).

### Материалы и методы

Исследования по изучению эффективности использования ФАР проводили в 2020–2022 гг. в помологическом саду Воронежского государственного аграрного университета, территория которого расположена в лесостепной зоне ЦЧР. Почвы представлены серыми лесными, имеющими следующие характеристики: содержание гумуса – 2,65–3,50%, азота – 0,40–0,43%, фосфора – 46,2–75,6 мг/кг, калия – 34,0–41,4 мг/кг, реакция почвенного раствора – 6,22–6,51 (слабокислая).

Сливовый сад заложен весной 2013 г. по схеме  $6 \times 4$  м на площади 1,0 га с задержанием междурядий луговыми травами (без орошения). Кроны деревьев сформированы по разреженно-ярусному типу.

Объекты исследований – слива домашняя следующих сортов: Утро (контроль), Универсальная, Воронежская компотная, Болховчанка, Память Тимирязева, Венгерка воронежская, размноженные на семенных (алыча – контроль) и клоновых (ОП 23-23 и ВСВ-1) подвоях.

Учет биометрических показателей кроны деревьев и урожайности привойно-подвойных комбинаций сливы проводили согласно «Программно-методическим указаниям по агротехническим опытам с плодовыми и ягодными культурами» и «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [15, 16].

Активную радиацию (ФАР) определяли по «Наставлениям гидрометеорологическим станциям и постам» [12].

Потенциальную продуктивность привойно-подвойных комбинаций сливы определяли по методике А.А. Ничипоровича [13].

Статистическая обработка экспериментальных данных проведена методом двухфакторного дисперсионного анализа (фактор А – сорт, фактор В – подвой), описанного Б.А. Доспеховым [6].

### Результаты и их обсуждение

В растениях все процессы жизнедеятельности проходят под влиянием физиологически активной радиации (ФАР), поглощаемой в области 380–750 нм [18].

По данным Нижнедевицкой актинометрической станции, расположенной на западе Воронежской области, сумма прихода ФАР в среднем за период вегетации 2020–2022 гг. составила 2547 Мдж/м<sup>2</sup> (60,79 ккал/см<sup>2</sup>). Такой приход суммарной ФАР соответствует требованиям культуры сливы домашней к условиям произрастания и положительно влияет на ее рост и плодоношение.

На рисунке 1 активная радиация представлена за вегетационный период – с апреля по октябрь (кривая  $Q_f$ ). Приход ФАР, составлявший в апреле 360 Мдж/м<sup>2</sup> и повысившийся до максимальных значений в мае, июне и июле – соответственно до 445, 449 и 440 Мдж/м<sup>2</sup>, с августа по октябрь постепенно снижался до 378, 282 и 193 Мдж/м<sup>2</sup>.

Показатели рассеянной радиации ( $Q_a$ ) были закономерно ниже: ее максимальное значение отмечено в июле (195 МДж/м<sup>2</sup>), минимальное – в октябре (89 МДж/м<sup>2</sup>), а в июне и августе находились практически на одном уровне – 179 и 172 МДж/м<sup>2</sup>.

Что касается двух других кривых на рисунке 1 – суммарной ( $Q$ ) и прямой ( $Q_s$ ) солнечной радиации, то характер увеличения и уменьшения этих значений по месяцам вегетационного периода аналогичен кривой прихода ФАР ( $Q_f$ ): нарастание с апреля по май и убывание с июля по октябрь.

Установлена взаимосвязь между освещенностью кроны плодовых деревьев и продуктивностью. Проницаемость для солнечного света надземной части плодовых растений зависит от многих факторов – силы роста, способа формирования, схемы размещения и агротехники [5, 9, 14].

Наиболее значимым параметром, оказывающим влияние на прохождение активной радиации в глубину кроны, является ее объем, для определения которого необходимо провести измерения, приведенные на рисунке 2.

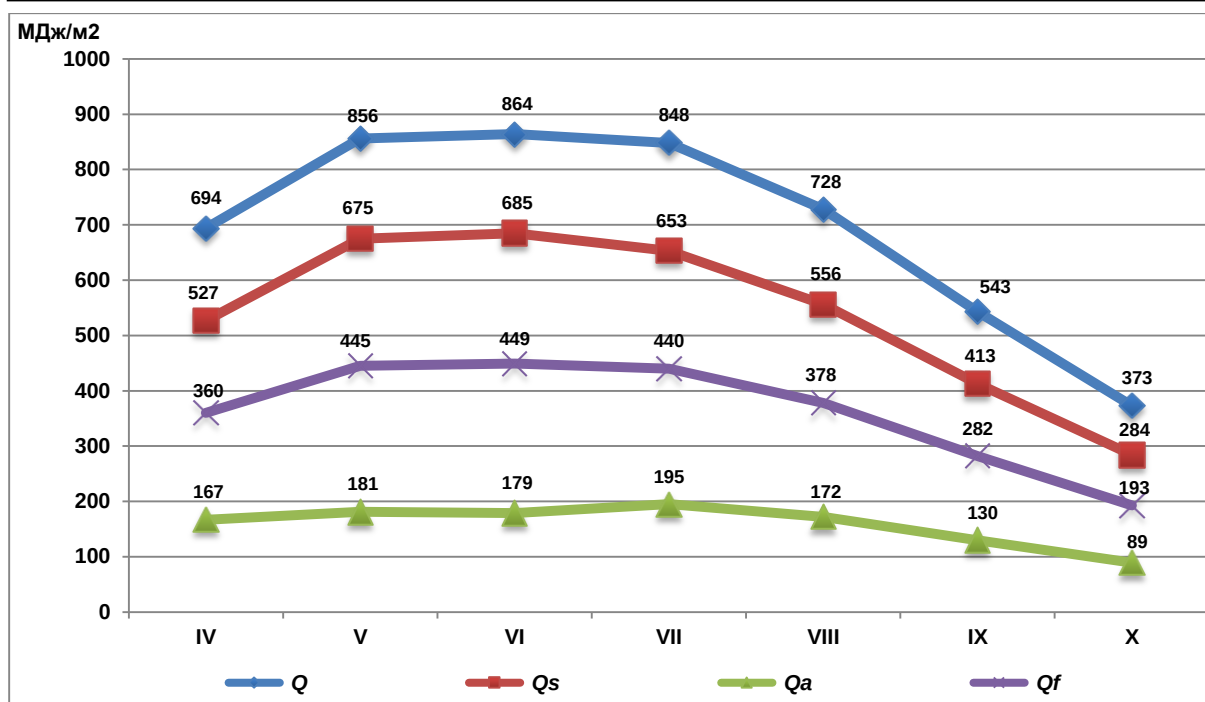


Рис. 1. Суммарная (Q), прямая (Qs), рассеянная (Qa) солнечная радиация и приход ФАР (Qf), в среднем за 2020–2022 гг., МДж/м²

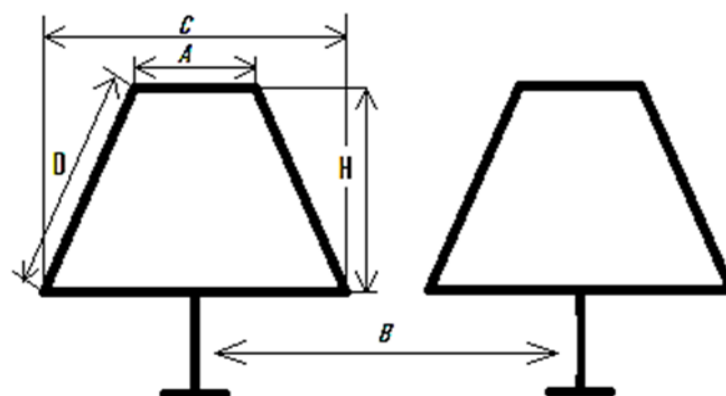


Рис. 2. Схема измерений надземной части кроны дерева

Расчет потенциала продуктивности для сортов с объемными кронами, размноженными на семенных подвоях, производится по формуле, рекомендованной Н.В. Агафоновым [1]:

$$P = (A + D) / B, \quad (1)$$

где  $A$  – ширина вершины кроны, м;

$D$  – расстояние от основания до вершины по наружной поверхности кроны, м;

$B$  – ширина междурядья, м.

Для опытных сортов, размноженных на клоновых подвоях с малообъемными кронами, расчет потенциала продуктивности и потенциала продуктивности с учетом амортизации выполняли по усовершенствованной формуле (1), в которую включили не только значение размера верхнего диаметра кроны, но и нижнего, что позволяет с большей точностью учитывать влияние силы роста деревьев на данные показатели:

$$P = [(A + C) : 2 + D] : B; \quad (2)$$

$$P_A = [(A + C) : 2 + D] \times E : B, \quad (3)$$

где  $A$  – ширина вершины кроны, м;

$B$  – ширина междурядья, м;

$C$  – ширина нижнего диаметра кроны, м;

$D$  – расстояние от основания до вершины по наружной поверхности кроны, м;

$E$  – коэффициент эффективности насаждения;

$P$  – потенциал продуктивности, т/га;

$P_A$  – потенциал продуктивности с учетом амортизационного периода, т/га.

Насаждения сливы рано вступают в плодоношение и не обладают периодичностью. Наблюдения показали, что на урожайность привойно-подвойных комбинаций сливы по годам в большей степени влияют неблагоприятные климатические условия (например, ранневесенние заморозки), чем биологические особенности сортов и подвоев. Следовательно, для определения ежегодного потенциала продуктивности необходимо учитывать коэффициент эффективности насаждения ( $E$ ):

$$E = N / T, \quad (4)$$

где  $N$  – продолжительность периода полного плодоношения насаждения, дн.;

$T$  – продолжительность периода плодоношения, дн.

Данные, приведенные в таблице 1, показывают, что сорта сливы, размноженные на слаборослом подвое ВСВ-1 с наименьшими параметрами крон, обладают в два раза большим значением потенциала продуктивности и потенциала продуктивности с учетом амортизации, чем сорта на семенных подвоях. У сортов на подвое ОП 23-23 анализируемые показатели заняли среднее положение – соответственно 2,9 и 1,83 т/га. Коэффициент эффективности сортов на изучаемых подвоях находился на уровне 0,63, так как сад был заложен в 2013 г., а в плодоношение растения вступили в 2016 г.

**Таблица 1. Потенциальная продуктивность сортов сливы домашней, размноженных на разных подвоях, в среднем за 2020–2022 гг., т/га**

| Подвой       | Параметры насаждений, м |     |     |     |      | $E$  | $P$  | $P_A$ |
|--------------|-------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|-------|
|              | $B$                     | $H$ | $C$ | $A$ | $D$  |      |      |       |
| Семенной (к) | 4,0                     | 4,0 | 3,5 | 3,0 | 4,25 | 0,63 | 1,63 | 1,03  |
| ОП 23-23     | 4,0                     | 3,0 | 2,0 | 1,8 | 3,10 | 0,63 | 2,90 | 1,83  |
| ВСВ-1        | 4,0                     | 2,0 | 2,0 | 1,7 | 2,55 | 0,63 | 3,10 | 1,95  |

В агроэкосистемах на основе привойно-подвойных комбинаций большое практическое значение имеет реализация потенциала продуктивности культурными растениями. Основным параметром для оценки эффективности возделывания насаждений сливы является урожайность. Для оценки потенциала продуктивности применяли формулы:

$$U_P = U \times P; \quad (5)$$

$$U_{PA} = U \times P_A, \quad (6)$$

где  $U$  – урожайность, т/га;

$U_P$  – урожайность с учетом потенциала продуктивности, т/га;

$U_{PA}$  – урожайность с учетом потенциала продуктивности и амортизационного периода, т/га.

В среднем за три года максимальная продуктивность отмечена у сорта Память Тимирязева (10,4 т/га), а минимальная – у сорта Венгерка воронежская (5,5 т/га).

Средняя продуктивность сорта Универсальная находилась на уровне контрольного сорта Утро (7,7 т/га) – 7,6 т/га, у сорта Болховчанка разница с контролем составила 0,8 т/га (6,9 т/га), у сорта Воронежская компотная – на 0,5 т/га превысила контрольное значение.

Установлено, что урожайность с учетом потенциала продуктивности ( $У_P$ ) по изучаемым сортам была выше на подвое ОП 23-23. Наибольший показатель определен по сортам Венгерка воронежская, Утро (к) и Память Тимирязева – 24,07; 26,97 и 30,74 т/га, что превышало фактическую урожайность соответственно на 15,77; 17,67 и 20,14 т/га. Более низкие значения потенциала продуктивности отмечены у сортов Болховчанка (19,72 т/га), Воронежская компотная (21,75 т/га) и Универсальная (21,75 т/га), но тем не менее они превышали фактическую урожайность соответственно на 12,92 и 14,25 т/га.

По подвою ВСВ-1 самым высоким потенциалом продуктивности обладал сорт Память Тимирязева (27,59 т/га), а самым низким – Венгерка воронежская (10,85 т/га). У сортов Утро (к), Воронежская компотная, Болховчанка, Универсальная анализируемый показатель варьировал в пределах 14,57–18,29 т/га. У сортов Универсальная, Болховчанка, Память Тимирязева и Венгерка воронежская потенциал продуктивности превосходил значения контрольного варианта (сеянцы) (табл. 2).

**Таблица 2. Эффективность использования потенциала продуктивности привойно-подвойными комбинациями сливы, в среднем за 2020–2022 гг., т/га**

| Сорт                   | Подвой       | $P$  | $P_A$ | $У$   | $У_P$ | $У_{PA}$ |
|------------------------|--------------|------|-------|-------|-------|----------|
| Утро (к)               | Семенной (к) | 1,63 | 1,03  | 9,30  | 15,16 | 9,58     |
|                        | ОП 23-23     | 2,90 | 1,83  | 9,30  | 26,97 | 17,02    |
|                        | ВСВ-1        | 3,10 | 1,95  | 4,70  | 14,57 | 9,17     |
|                        | Среднее      | –    | –     | 7,70  | 18,90 | 11,90    |
| Универсальная          | Семенной (к) | 1,63 | 1,03  | 9,40  | 15,32 | 9,68     |
|                        | ОП 23-23     | 2,90 | 1,83  | 7,50  | 21,75 | 13,73    |
|                        | ВСВ-1        | 3,10 | 1,95  | 5,90  | 18,29 | 11,51    |
|                        | Среднее      | –    | –     | 7,60  | 18,40 | 11,60    |
| Воронежская компотная  | Семенной (к) | 1,63 | 1,03  | 11,60 | 18,91 | 11,95    |
|                        | ОП 23-23     | 2,90 | 1,83  | 7,50  | 21,75 | 13,73    |
|                        | ВСВ-1        | 3,10 | 1,95  | 5,60  | 17,36 | 10,92    |
|                        | Среднее      | –    | –     | 8,20  | 19,34 | 12,20    |
| Болховчанка            | Семенной (к) | 1,63 | 1,03  | 8,50  | 13,86 | 8,76     |
|                        | ОП 23-23     | 2,90 | 1,83  | 6,80  | 19,72 | 12,44    |
|                        | ВСВ-1        | 3,10 | 1,95  | 5,50  | 17,05 | 10,73    |
|                        | Среднее      | –    | –     | 6,90  | 16,80 | 10,60    |
| Память Тимирязева      | Семенной (к) | 1,63 | 1,03  | 11,80 | 19,23 | 12,15    |
|                        | ОП 23-23     | 2,90 | 1,83  | 10,60 | 30,74 | 19,40    |
|                        | ВСВ-1        | 3,10 | 1,95  | 8,90  | 27,59 | 17,36    |
|                        | Среднее      | –    | –     | 10,40 | 25,80 | 16,30    |
| Венгерка воронежская   | Семенной (к) | 1,63 | 1,03  | 4,70  | 7,67  | 7,67     |
|                        | ОП 23-23     | 2,90 | 1,83  | 8,30  | 24,07 | 15,19    |
|                        | ВСВ-1        | 3,10 | 1,95  | 3,50  | 10,85 | 6,83     |
|                        | Среднее      | –    | –     | 5,50  | 14,10 | 9,90     |
| НСР <sub>05</sub>      |              |      |       | 0,09  | 1,63  | 1,78     |
| НСР <sub>05 A</sub>    |              |      |       | 0,17  | 0,96  | 0,69     |
| НСР <sub>05 A, B</sub> |              |      |       | 0,12  | 0,65  | 0,94     |

Примечание: фактор А – сорт, фактор В – подвой.

Анализ потенциала продуктивности с учетом амортизационного периода ( $У_{PA}$ ) позволил выделить сорта Болховчанка, Универсальная, Память Тимирязева (10,73–17,36 т/га), размноженные на подвое ВСВ-1, со значениями выше контроля (сеянцы). Сорта Венгерка воронежская, Утро (к) и Воронежская компотная уступали показателям деревьев, выращенных на семенных подвоях (6,83–10,92 т/га).

Самый высокий потенциал продуктивности с учетом амортизационного периода отмечен у сортов сливы Венгерка воронежская, Утро (к) и Память Тимирязева, размноженных на подвое ОП 23-23, – соответственно 15,19; 17,02 и 19,40 т/га.

Существенное значение в реализации потенциала продуктивности имеет схема размещения деревьев в саду. Установлено, что посадка привойно-подвойных комбинаций в соответствии с рекомендуемыми схемами позволяет увеличить выход продукции с единицы площади [10, 11].

Одной из задач практического плодоводства с целью интенсификации отрасли является эффективное использование ФАР кронами слаброслых деревьев в саду.

В расчетах при определении влияния степени использования ФАР на потенциальную урожайность применяли формулу

$$P_y = 10^4 \times \eta \times \frac{\Sigma \text{ФАР}}{\gamma} \times R_N, \quad (7)$$

где  $P_y$  – потенциальная урожайность, ц/га;

$\Sigma \text{ФАР}$  – сумма ФАР за вегетационный период, ккал/см<sup>2</sup>;

$\gamma$  – энергетическое содержание плодов, ккал/кг (1 кг слив = 42 ккал);

$10^4$  – перевод урожайности в ц/га;

$R_N$  – коэффициент товарности урожая;

$\eta$  – коэффициент использования ФАР с учетом потенциала продуктивности.

Действительно возможный урожай (ДВУ) и коэффициент использования ФАР с учетом потенциала продуктивности определяли по формулам (8) и (9):

$$\text{ДВУ} = 0,7 \times P_y; \quad P_y = \frac{\text{ДВУ}}{0,7} \text{ (ц/га)}; \quad (8)$$

$$\eta = \frac{\text{ДВУ} \times \gamma}{0,7 \times 10^4 \times \Sigma \text{ФАР} \times R_N} = \frac{\text{ДВУ} \times 420}{0,7 \times 10000 \times 60,79 \times 0,5} = \text{ДВУ} \times 0,002. \quad (9)$$

Изучаемые сорта сливы относятся к различным группам по срокам созревания, следовательно, приход активной радиации будет ограничиваться временем начала уборки урожая.

На рисунках 3 и 4 приведены результаты определения коэффициента использования ФАР с учетом потенциала продуктивности и динамики продуктивности привойно-подвойных комбинаций сливы домашней при учете коэффициента использования ФАР.

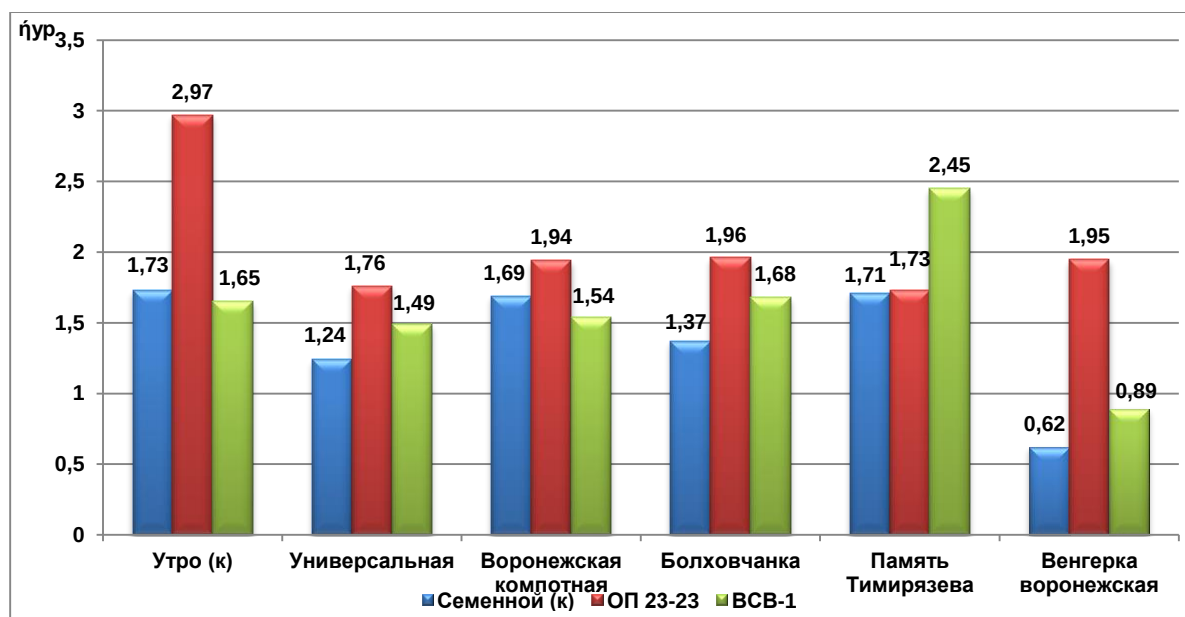


Рис. 3. Коэффициент использования ФАР с учетом потенциала продуктивности, в среднем за 2020–2022 гг.

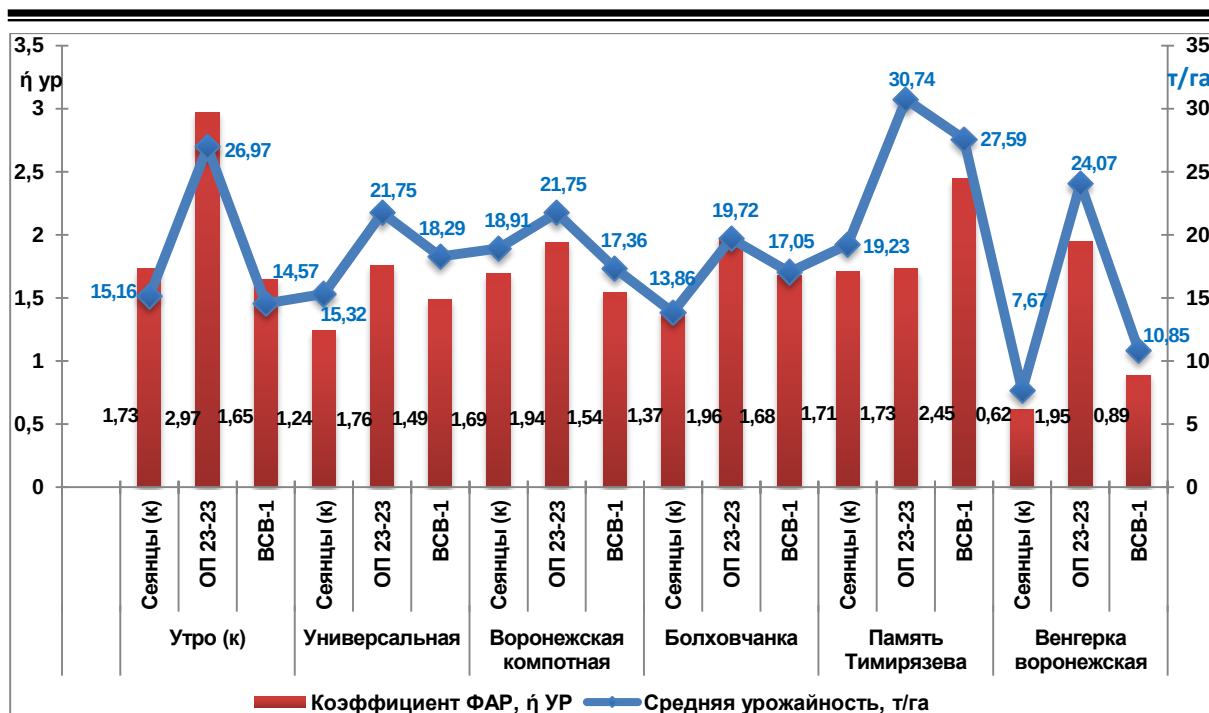


Рис. 4. Динамика продуктивности привойно-подвойных комбинаций сливы домашней при учете коэффициента использования ФАР, в среднем за 2020–2022 гг.:  $HCP_{05} = 1,63$ ;  $HCP_{05A} = 0,65$  (фактор А – сорт);  $HCP_{05B} A, B = 0,96$  (фактор В – подвой)

Лучшими по значению коэффициента использования ФАР на клоновом подвое ОП 23-23 отмечены сорта Утро (к) раннего срока созревания – 2,97 и Память Тимирязева среднего срока созревания – 2,45, причем разница по приходу ФАР составила 9,57 ккал/см<sup>2</sup>. Такая же тенденция отмечена у растений на семенных подвоях: наибольший коэффициент использования ФАР выявлен у сортов Память Тимирязева и Утро (к) – 1,71 и 1,73, при этом урожайность с учетом потенциальной продуктивности на данном подвое у сорта Память Тимирязева была максимальной – 19,23 т/га.

Минимальный коэффициент использования ФАР отмечен у сорта Венгерка воронежская на семенном (к) и клоновом (ВСКВ-1) подвоях – соответственно 0,62 и 0,89, при максимально высоком показателе прихода ФАР – 49,45 ккал/см<sup>2</sup> и самой низкой потенциальной продуктивности – 7,67–10,85 т/га. В то же время на подвое ОП 23-23 сорт Венгерка воронежская реализует свой потенциал в большей мере (24,07 т/га) за счет увеличения коэффициента использования ФАР (разница в продуктивности математически достоверна).

Высокие значения коэффициента использования ФАР с учетом потенциала продуктивности определены у сортов Память Тимирязева (1,73) и Болховчанка (1,96), размноженных на клоновом подвое ОП 23-23.

Коэффициент использования ФАР у сортов сливы на клоновом подвое ВСКВ-1 варьировал от 0,89 у сорта Венгерка воронежская до 2,45 у сорта Память Тимирязева. У сортов Утро, Универсальная, Воронежская компотная, Болховчанка этот показатель находился в пределах 1,49–1,68.

### Заключение

1. Определен высокий потенциал продуктивности с учетом амортизации у сортов сливы, привитых на слаборослом подвое ВСКВ-1 (3,1 и 1,95), значения которого в два раза превышали контрольный вариант (на семенных подвоях).

В среднем за три года максимальная продуктивность получена у сорта Память Тимирязева (10,4 т/га), минимальная – у сорта Венгерка воронежская (5,5 т/га).



2. Сорта сливы на клоновых подвоях ОП 23-23 и ВСВ-1 максимально реализуют потенциал продуктивности, значения которого превосходят показатели сортов на семенных подвоях (к).

3. Определено прямое влияние объема кроны привойно-подвойных комбинаций на коэффициент использования ФАР и потенциал продуктивности сортов сливы.

Высокие значения коэффициента использования ФАР с учетом потенциала продуктивности отмечены у сортов, привитых на клоновом подвое ОП 23-23 (Память Тимирязева, Утро), и у сорта Память Тимирязева, привитого на подвое ВСВ-1.

4. Наибольшим потенциалом продуктивности отличались сорта Венгерка воронежская, Утро (к), Память Тимирязева, привитые на подвое ОП 23-23, и сорт Память Тимирязева, привитый на подвое ВСВ-1.

---

**Список источников**

1. Агафонов Н.В. Научные основы размещения и формирования плодовых деревьев. Москва: Колос, 1983. 173 с.

2. Александрова Т.И. Комплексная оценка привойно-подвойных комбинаций сливы для интенсивных насаждений в аридных условиях Северного Прикаспия // Биологический круговорот питательных веществ при использовании удобрений и биоресурсов в системах земледелия различной интенсификации: коллективная монография. Иваново: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Воронежский федеральный аграрный научный центр»; ПресСто, 2021. С. 303–306.

3. Багиров О.Р. Вычисление урожайности форм черешни по объему кроны и проекционной площади // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сборник научных трудов. Гродно: Гродненский государственный аграрный университет, 2019. Т. 45. С. 3–9.

4. Декена Д., Поух Е., Алсиня И. и др. Оценка привойно-подвойных комбинаций сливы сортов Кубанская Комета и Виктория на семенных и клоновых подвоях // Плодоводство и ягодоводство России. 2019. Т. 57, № 1. С. 47–55. DOI: 10.31676/2073-4948-2019-57-47-55.

5. Доля Ю.А., Заремук Р.Ш. Особенности сезонного развития вишни обыкновенной (*Cerasus vulgaris* L.) и формирование биолого-морфологических показателей продуктивности // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2020. № 64(4). С. 251–266. DOI: 10.30679/2219-5335-2020-4-64-251-266.

6. 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.

7. Еремин Г.В., Гореликова О.А. Привойно-подвойные комбинации сливы домашней для интенсивных технологий возделывания // Садоводство и виноградарство. 2020. № 6. С. 31–39. DOI: 10.31676/0235-2591-2020-6-31-39.

8. Кальченко Е.Ю., Ноздрачева Р.Г. Оценка некоторых качественных характеристик сортов сливы домашней в условиях Воронежской области // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2022. № 73(1). С. 28–36. DOI: 10.30679/2219-5335-2022-1-73-28-36.

9. Кальченко Е.Ю. Производственно-биологическая оценка некоторых привойно-подвойных комбинаций сливы в помологическом саду ВГАУ // Актуальные проблемы и современные тенденции развития садоводства России: сборник трудов международной научно-практической конференции Воронежского государственного аграрного университета (Воронеж, 07–08 ноября 2019 г.). Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2019. С. 87–94.

10. Колесников В.А., Агафонов Н.В., Хрыпова Н.Х. Об оптимально продуктивных размерах кроны яблони // Известия ТСХА. 1971. № 3. С. 149–156.
11. Колесников В.А., Агафонов Н.В., Хрыпова Н.Х. Размещение генеративных органов и урожая в кроне яблони // Известия ТСХА. 1970. № 2. С. 141–149.
12. Наставления гидрометеорологическим станциям и постам. Руководящий документ РД 52.04.666-2005. Вып. 10. Инспекция гидрометеорологических станций и постов Ч. I. Инспекция метеорологических наблюдений на станциях. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды; разработ.: В.И. Кондратьев (рук.) и др. Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 2005. 21 с.
13. Ничипорович А.А., Строгонова Л.Е., Чмора С.Н. и др. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах (методы и задачи учета в связи с формированием урожая): коллективная монография. Москва: изд-во Академии наук СССР, 1961. 136 с.
14. Ноздрачева Р.Г., Кальченко Е.Ю. Оценка некоторых сорто-подвойных комбинаций сливы // Глиновские чтения: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию факультета агрономии, агрохимии и экологии (Воронеж, 22–24 апреля 2013 г.). Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2013. Ч. II. С. 55–60.
15. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур: коллективная монография; под ред. Е.Н. Седова и Т.П. Огольцовой. Орел: Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур (ВНИИСПК), 1999. 608 с.
16. Спиваковский Н.Д., Гельфандейн П.С., Новиков А.А. и др. Программно-методические указания по агротехническим опытам с плодовыми и ягодными культурами; под ред. Спиваковского Н.Д. Мичуринск: [б. и.], 1956. 183 с.
17. Черников Е.А., Попова В.П., Кузнецова А.П. и др. Оценка продуктивности сливы на подвоях отечественной селекции и почвах с лимитирующими параметрами // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2021. № 70(4). С. 129–145. DOI: 10.30679/2219-5335-2021-4-70-129-145.
18. Шульгин И.А. Энергетический баланс и физиологические критерии продуктивности посевов сельскохозяйственных культур в условиях изменения климата // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем: труды Института глобального климата и экологии Росгидромета и РАН. Москва: Институт глобального климата и экологии, 2013. Т. 25. С. 224–250.
19. Motyleva S., Upadysheva G., Tumaeva T. Influence of rootstocks on the productivity and chemical composition of *Prunus domestica* L. fruits // Potravinarstvo. Slovak Journal of Food Sciences. 2021. Vol. 15(1). Pp. 1029–1038. DOI: 10.5219/1650.
20. Woznicki T., Heide O.M., Sonstebj A. et al. Climate warming enhances flower formation, earliness of blooming and fruit size in plum (*Prunus domestica* L.) in the cool Nordic environment // Scientia Horticulturae. 2019. Vol. 257. Article No. 108750. DOI: 10.1016/j.scienta.2024.108750.
21. Zaremuk R.S., Dolya Y.A., Kopnina T.A. et al. Efficiency of the breeding use of the genus *Prunus* L. biodiversity // International Scientific and Practical Conference on Fundamental and Applied Research in Biology and Agriculture: Current Issues, Achievements and Innovations, FARBA 2021. E3S Web of Conferences (Orl, February 24–25, 2021). Published by EDP Sciences, 2021. Vol. 254. Article No. 01027. DOI: 10.1051/e3sconf/202125401027.

## References

1. Agafonov N.V. Scientific foundations of the placement and formation of fruit trees. Moscow: Kolos Publishers; 1983. 173 p. (In Russ.).
2. Aleksandrova T.I. Comprehensive assessment of plum scion-rootstock combinations for intensive plantings in arid conditions of the Caspian Coast. In: Biological nutrient cycle using fertilizers and bioresources in agricultural systems of various intensification: collective monograph. Ivanovo: Upper Volga Federal Agrarian Scientific Centre; PresSto Publishers; 2021:303-306. (In Russ.).
3. Baghirov O.R. Calculating productivity in sweet cherry forms according to size of crown and projected area. In: Agriculture: Problems and Prospects: collection of scientific papers. Grodno: Grodno State Agrarian University Publishers. 2019;45:3-9. (In Russ.).
4. Dekena D., Poukh E., Alsina I. et al. Evaluation of stock-scion combinations for Kubanskaya Kometa and Victoria varieties using seedling and clonal rootstocks. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 2019;57(1):47-55. DOI: 10.31676/2073-4948-2019-57-47-55. (In Russ.).
5. Dolya Yu.A., Zaremuk R.Sh. Features of seasonal development of common cherry (*Cerasus vulgaris* L.) and the formation of biological and morphological productivity indicators. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 2020;64(4):251-266. DOI: 10.30679/2219-5335-2020-4-64-251-266. (In Russ.).
6. Dospekhov B.A. Field-plot Technique (with the Basics of Statistical Processing of Results of Research and Experiments): study guide. 5th edition, revised and enlarged. Moscow: Agropromizdat Publishers; 1985. 351 p. (In Russ.).
7. Eremin G.V., Gorelikova O.A. Scion-stock combinations of garden plum for intensive horticulture. *Horticulture and Viticulture*. 2020;6:31-39. DOI: 10.31676/0235-2591-2020-6-31-39. (In Russ.).
8. Kalchenko E.Yu., Nozdracheva R.G. Evaluation of some qualitative characteristics of domestic plum varieties under conditions of Voronezh Region. *Fruit Growing and Viticulture of South Russia*. 2022;73(1):28-36. DOI: 10.30679/2219-5335-2022-1-73-28-36. (In Russ.).

9. Kalchenko E.Yu. Production and biological assessment of some scion-rootstock combinations of plum in the pomological garden of Voronezh State Agrarian University. In: Actual problems and modern trends in the development of horticulture in Russia: Proceedings of the International Research-to-Practice Conference, Voronezh State Agrarian University (Voronezh, November 7-8, 2019). Voronezh: Voronezh State Agrarian University Publishers; 2019:87-94. (In Russ.).
10. Kolesnikov V.A., Agafonov N.V., Khrypova N.Kh. On the optimal productive sizes of the apple tree crown. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 1971;3:149-155. (In Russ.).
11. Kolesnikov V.A., Agafonov N.V., Khrypova N.Kh. Placement of generative organs and yield in the apple tree crown. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 1970;2:141-149. (In Russ.).
12. Instructions to hydrometeorological stations and posts. Guidance document RD 52.04.666-2005. Issue 10. Inspection of hydrometeorological stations and posts. Part I. Inspection of meteorological observations at stations. Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring; developed by: V.I. Kondratyuk (head) et al. St. Petersburg: Hydrometeoizdat Publishers; 2005. 21 p. (In Russ.).
13. Nichiporovich A.A., Stroganova L.E., Chmora S.N. et al. Photosynthetic activity of plants in crops (accounting methods and tasks related to crop formation): collective monograph. Moscow: Publishing House of the USSR Academy of Sciences; 1961. 136 p. (In Russ.).
14. Nozdracheva R.G., Kalchenko E.Yu. Evaluation of some plum variety rootstock combinations. In: Glinkovskie Readings: Proceedings of the International Research-to-Practice Conference Dedicated to the 100th Anniversary of the Faculty of Agronomy, Agrochemistry, and Ecology (Voronezh, April 22-24, 2013). Voronezh: Voronezh State Agrarian University Publishers. 2013;2:55-60. (In Russ.).
15. Program and methodology for variety study of fruit, berry and nut crops: collective monograph; edited by E.N. Sedov and T.P. Ogoltsova. Orel: All-Russian Scientific Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPK); 1999. 608 p. (In Russ.).
16. Spivakovskiy N.D., Gelfandbein P.S., Novikov A.A. et al. Program and methodological guidelines for agrotechnical experiments with fruit and berry crops; edited by Spivakovskiy N.D. Michurinsk: [S. L.]; 1956. 183 p. (In Russ.).
17. Chernikov E.A., Popova V.P., Kuznetsova A.P. et al. Evaluation of plum productivity on rootstocks of domestic selection and soils with limiting parameters. *Fruit Growing and Viticulture of South Russia*. 2021;70(4):129-145. DOI: 10.30679/2219-5335-2021-4-70-129-145. (In Russ.).
18. Shulgin I.A. Energy budget and physiological criteria for crops' productivity under climate change. In: Problems of ecological monitoring and ecosystem modeling: Proceedings of the Institute of Global Climate and Ecology of the Federal Service for Hydrometeorology & Environmental Monitoring and the Russian Academy of Sciences. Moscow: Institute of Global Climate and Ecology Publishers. 2013;25:224-250. (In Russ.).
19. Motyleva S., Upadysheva G., Tumaeva T. Influence of rootstocks on the productivity and chemical composition of *Prunus domestica* L. fruits. *Potravinarstvo. Slovak Journal of Food Sciences*. 2021;15(1):1029-1038. DOI: 10.5219/1650.
20. Woznicki T., Heide O.M., Sonstebj A. et al. Climate warming enhances flower formation, earliness of blooming and fruit size in plum (*Prunus domestica* L.) in the cool Nordic environment. *Scientia Horticulturae*. 2019;257:108750. DOI: 10.1016/j.scienta.2024.108750.
21. Zaremuk R.S., Dolya Y.A., Kopnina T.A., Kochubey A.A. Efficiency of the breeding use of the genus *Prunus* L. biodiversity. In: International Scientific and Practical Conference on Fundamental and Applied Research in Biology and Agriculture: Current Issues, Achievements and Innovations, FARBA 2021. E3S Web of Conferences (Orel, February 24–25, 2021). Published by EDP Sciences. 2021;254:01027. DOI: 10.1051/e3sconf/202125401027.

#### Информация об авторах

Е.Ю. Кальченко – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры плодородства и овощеводства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», kalchenko.alena2013@yandex.ru.

Р.Г. Ноздрачева – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой плодородства и овощеводства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», r.nozdracheva@mail.ru.

#### Information about the authors

E.Yu. Kalchenko, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Fruit and Vegetable Growing, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, kalchenko.alena2013@yandex.ru.

R.G. Nozdracheva, Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Dept. of Fruit and Vegetable Growing, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, r.nozdracheva@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 06.03.2026; одобрена после рецензирования 26.04.2026; принята к публикации 12.05.2026.

The article was submitted 06.03.2026; approved after reviewing 26.04.2026; accepted for publication 12.05.2026.

© Кальченко Е.Ю., Ноздрачева Р.Г., 2026

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

Научная статья

УДК 631.9

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2026\_2\_60

EDN: ALOBBD

### Дистанционное зондирование и мониторинг динамики развития растительного покрова рекультивируемых территорий

Юрий Алексеевич Куликов<sup>1✉</sup>, Елена Владимировна Куликова<sup>2</sup>

<sup>1, 2</sup> Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,  
Воронеж, Россия

<sup>1</sup> [juriy.kulikov@yandex.ru](mailto:juriy.kulikov@yandex.ru)

**Аннотация.** Представлены результаты исследования, выполненного с целью оценки применимости производных мультиспектральной космической съемки в виде разностных индексов для мониторинга динамики развития, пространственно-временной дифференциации и классификации растительного покрова рекультивируемых территорий на примере закрытого полигона твердых бытовых отходов, расположенного в Семилукском районе Воронежской области. Для мониторинга пространственно-временной динамики развития растительности в границах полигона использовался метод построения карт вегетационного индекса NDVI, получаемого в результате обработки первичных материалов космосъемки орбитального аппарата Sentinel-2 с пространственным разрешением 10 метров на пиксель. Для расчета индекса использовались значения интенсивности красного ( $\lambda = 0,665$  нм) и ближнего инфракрасного ( $\lambda = 0,842$  нм) спектральных каналов. Обработка растровых изображений выполнялась в специализированном программном обеспечении «АгроСигнал» и «Quantum GIS». В результате исследования был выявлен характер взаимосвязи между типом растительности, развивающейся на рекультивируемой территории, и распределением значений индекса NDVI. Обнаружена корреляция динамики средневзвешенных значений индекса с изменением состояния поверхности полигона при выгорании травостоя после ландшафтных пожаров, сопряженных с естественным увяданием надземной травянистой фитомассы во второй половине вегетационного сезона. Практическая значимость исследования заключается в обосновании применимости разностного спектрального индекса NDVI для классификации типов растительного покрова рекультивируемых территорий, в т. ч. полигонов ТБО, с возможностью расчета площади распространения растительности разных типов в результате интервального зонирования цифровых карт NDVI, а также выявления и оценки степени воздействия ландшафтных пожаров, часто сопутствующих процессу трансформации полигонов бытовых отходов.

**Ключевые слова:** дистанционное зондирование, мультиспектральная съемка, цифровые агротехнологии, вегетационные индексы, NDVI, рекультивация территорий, растительный покров

**Для цитирования:** Куликов Ю.А., Куликова Е.В. Дистанционное зондирование и мониторинг динамики развития растительного покрова рекультивируемых территорий // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, № 2(89). С. 60–67. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_60](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_60)–67.

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

Original article

### Remote sensing and monitoring the dynamics of vegetation cover development in reclaimed territories

Yuri A. Kulikov<sup>1✉</sup>, Elena V. Kulikova<sup>2</sup>

<sup>1, 2</sup> Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

<sup>1</sup> [juriy.kulikov@yandex.ru](mailto:juriy.kulikov@yandex.ru)

**Abstract.** The results of a study conducted to assess the applicability of multispectral satellite imagery derivatives in the form of difference indices for monitoring the dynamics of development, spatial and temporal differentiation and classification of vegetation cover in reclaimed territories through the example of a closed solid waste landfill located in Semiluksky district of Voronezh Oblast. To monitor the spatial & temporal dynamics of vegetation development within the boundaries of the landfill, the method of constructing maps of the NDVI vegetation index was used, obtained as a result of processing primary satellite imagery data from the Sentinel-2 orbiter with 10 meters per pixel spatial resolution. The intensity values of the red ( $\lambda = 0.665$  nm) and near-infrared ( $\lambda = 0.842$  nm) spectral bands were used to calculate the index. Bitmap image processing was performed by AgroSignal and Quantum GIS specialized software. The study revealed the nature of the relationship between the type of vegetation developing in the reclaimed area and the distribution of NDVI index values. A correlation was found between the dynamics of the weighted average index values and changes in the condition of the landfill surface during herbage burnout after landscape fires associated with the natural wilting of aboveground herbaceous phytomass in the second half of the growing season. The practical significance of the study consists in

substantiating the applicability of the NDVI spectral difference index for classifying vegetation types in reclaimed areas, including landfills, with the possibility of calculating the area of vegetation of different types as a result of interval zoning of NDVI digital maps, as well as identifying and assessing the impact of landscape fires, which often accompany the process of transformation of domestic household waste landfills.

**Key words:** remote sensing, multispectral surveying, digital agricultural technologies, vegetation indices, NDVI, MSI, NDWI, land reclamation, vegetation cover

**For citation:** Kulikov Yu.A., Kulikova E.V. Remote sensing and monitoring the dynamics of vegetation cover development in reclaimed territories. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(2):60-67. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_60-67](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_60-67).

## Введение

Антропогенное влияние на окружающую среду обусловлено множеством факторов, среди которых особое значение имеют процессы, связанные с вовлечением природных территорий в хозяйственную деятельность человека. Функционирование сельских и городских агломераций неизбежно сопутствует формированию большого количества бытовых и производственных отходов различного типа и состава.

Одним из традиционных и самых распространенных способов утилизации отходов является их захоронение на полигонах поверхностного или заглубленного типа. По данным В.А. Королева, в Российской Федерации ежегодно образуется более 200 млн м<sup>3</sup> твердых бытовых отходов (ТБО), из которых 30% приходится на целлюлозно-бумажные компоненты, 30% – на органические пищевые отходы, а оставшаяся часть представлена различными материалами, в том числе пластиком, древесиной, резиной, текстилем, стеклом, керамикой [2].

Зачастую для размещения полигонов ТБО используются карьеры, оставшиеся после завершения поверхностной добычи песчаных и меловых пород. В условиях Центрального Черноземья широко распространена практика захоронения бытовых отходов в выработанных котлованах и карьерах, площадь которых достигает нескольких десятков гектаров. После завершения активного использования полигона ТБО следует его рекультивация, включающая два этапа – технический и биологический [4]. По степени формирования и пространственного распределения растительного покрова оценивают состояние полигона после его закрытия и проведения рекультивационных мероприятий.

В настоящее время известны различные способы натурной и дистанционной оценки состояния растительного покрова природных и антропогенных ландшафтов. Одним из наиболее перспективных методов является мультиспектральная съемка, позволяющая организовать представительный обзор значительной площади с периодичностью до нескольких суток. Производные мультиспектральной съемки в виде нормализованных разностных индексов дают возможность измерять относительную характеристику коррелирующих факторов земной поверхности. Среди спектральных индексов, используемых для оценки пространственно-временной динамики развития растительного покрова, наибольшее распространение получил NDVI (нормализованный разностный вегетационный индекс), в основе которого лежит отношение интенсивностей отражения в красной и ближней инфракрасной областях спектра [1, 3, 5].

Анализ серии карт вегетационного индекса NDVI лег в основу данного исследования, направленного на изучение применимости мультиспектральной съемки для оценки состояния растительного покрова как критерия состояния рекультивируемой территории.

Цель исследования заключалась в оценке применимости производных мультиспектральной космической съемки в виде разностных индексов для проведения мониторинга пространственно-временной дифференциации и классификации растительного покрова рекультивируемых территорий.

### Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследования выбран закрытый по завершении эксплуатации полигон ТБО заглубленного типа, расположенный в Семилукском районе Воронежской области с координатами центра изучаемого участка 51.64884, 39.01924 в проекции WGS84.

Границы анализируемой зоны были выделены, ориентируясь на формы окружающего ландшафта. Площадь участка в рассматриваемых границах составила 57,7 га. На рисунке 1 показана форма исследуемого объекта по данным космической съемки.



**Рис. 1. Размеры и форма границ объекта исследования – полигона ТБО**

Источник: подготовлено авторами.

Для выполнения исследования использовались материалы космосъемки орбитального аппарата Sentinel-2 с пространственным разрешением 10 метров на пиксель [7, 9, 10]. В качестве инструмента мониторинга и оценки пространственно-временной вариативности растительного покрова рекультивируемой территории был применен нормализованный разностный индекс NDVI. Для расчета индекса использовались значения интенсивности красного ( $\lambda = 0,665$  нм) и ближнего инфракрасного ( $\lambda = 0,842$  нм) каналов радиометра Sentinel-2. Расчет значений производился по общепринятой формуле:  $NDVI = (NIR_{0,842} - RED_{0,665}) / (NIR_{0,842} + RED_{0,665})$  [1, 3, 8, 11].

Построение карт индекса NDVI выполнялось с помощью программных цифровых систем ГИС-класса, поддерживающих растровые вычисления – «Quantum GIS», «АгроСигнал». В результате был получен набор цифровых карт, отображающих динамику изменений интенсивности развития растительного покрова в границах полигона ТБО за период с апреля 2024 по апрель 2025 г. в пределах вегетационно активного сезона. Для пространственной классификации территории по значениям индекса применялась шкала в интервале от 0 до 1 с шагом 0,05 и соответствующей цветокодировкой каждого диапазона.

### **Результаты и их обсуждение**

Анализ карт индекса NDVI позволил установить характер пространственного распределения наземной фитомассы травянистой и древесно-кустарниковой растительности, а также выявить сезонную динамику вегетации в условиях процессов и явлений, характерных для рекультивируемого полигона ТБО.

На рисунке 2 представлена карта распределения значений индекса на 12 апреля 2024 г. На карте отчетливо визуализируются зоны присутствия растительного покрова ( $NDVI > 0,45$ ) и сильно изреженные пространства, в том числе с открытым грунтом ( $NDVI < 0,45$ ). При этом в ранневесенний период, когда активная вегетация только начинается, на картах NDVI не выражена дифференциация на травянистую и древесно-кустарниковую растительность, что соотносится с результатами визуальных наблюдений на местности.





Рис. 2. Карта индекса со шкалой NDVI на 12.04.2024

Источник: подготовлено авторами.

В начале активного развития травянистой растительности и олиственения крон на деревьях и кустарниках в конце апреля стала заметна неоднородность распределения значений индекса, приуроченная к типу растительности (зоны присутствия древесно-кустарниковой поросли на юго-восточной и восточной окраинах полигона демонстрировали значения индекса  $NDVI > 0,6$ ). В то же время для остальной части полигона, где присутствовала только травянистая растительность, были характерны значения индекса в интервале 0,4–0,6, что объясняется выраженными различиями суммарного проективного покрытия на единицу площади поверхности для древесно-кустарниковых видов и трав в ранний период вегетации.

На рисунке 3 представлена карта индекса NDVI, а на рисунке 4 – результат интервального зонирования территории полигона по диапазонам значений индекса по состоянию на 30 апреля 2024 г.

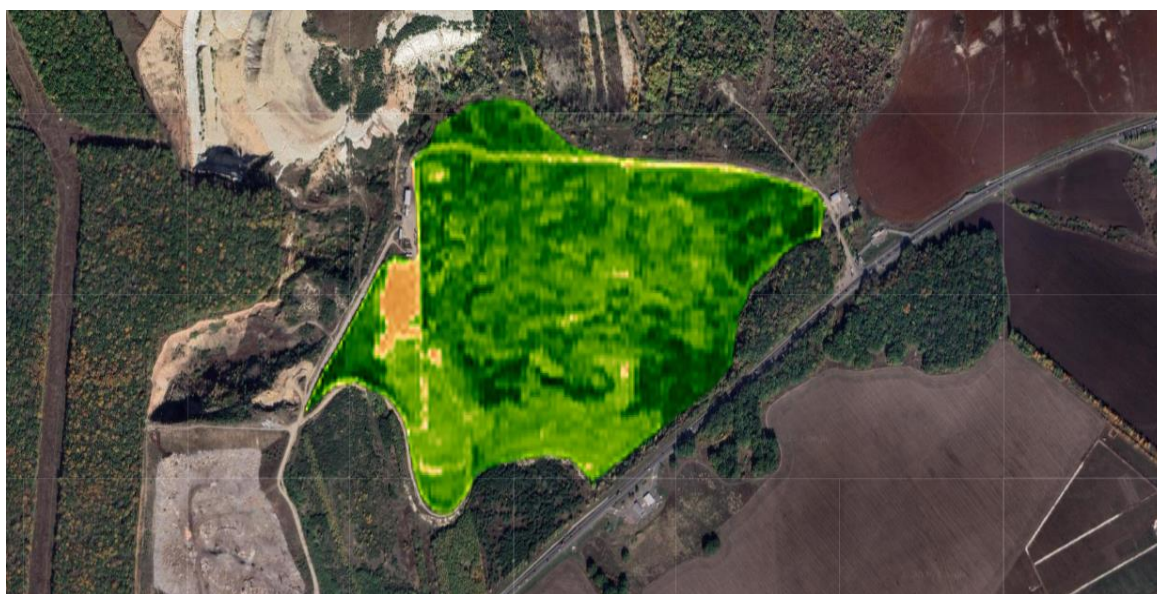


Рис. 3. Карта индекса NDVI на 30.04.2024

Источник: подготовлено авторами.

Использование принципа интервального зонирования карты NDVI позволило рассчитать площади, занимаемые каждым типом растительности. Площадь территории со значением  $NDVI > 0,6$ , соответствующая древесно-кустарниковой растительности, составила 8,70 га. Площадь распространения травянистого покрова высокой плотности составляла 36,41 га. Наличие трав с большей изреженностью покрытия отмечалось на площади 10,78 га.

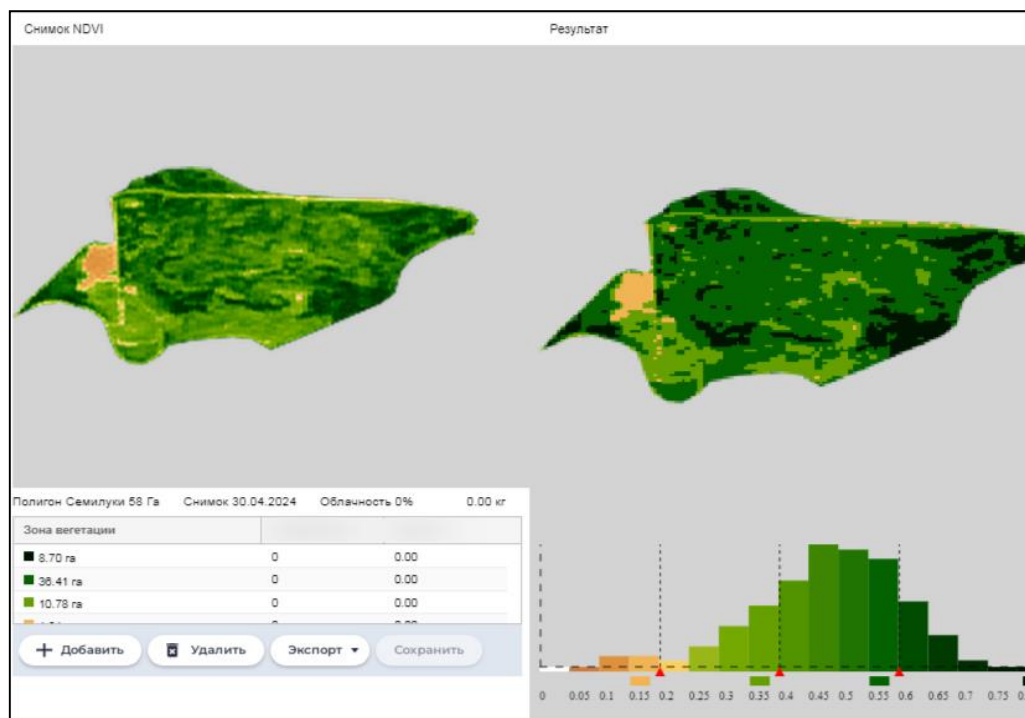


Рис. 4. Карта интервального зонирования территории полигона по индексу NDVI на 30.04.2024

Источник: подготовлено авторами.

Наибольшая пестрота растительного покрова на снимке от 30.04.2024 отмечена в центральной части рекультивируемого участка, что, по нашему мнению, связано с гетерогенной структурой «тела» полигона и сложными формами микрорельефа, обусловленными процессами вертикального перемещения, протекающими в результате неравномерной усадки.

В течение вегетационного сезона характер распределения значений индекса NDVI не менялся, но наблюдалось усиление контраста значений в зонах распространения разных типов растительности. На снимке за 29 июня 2024 г. (рис. 5), соответствующем периоду сезонного максимума развития надземной фитомассы растений в границах полигона, отчетливо прослеживаются границы дифференциации древесно-кустарниковой и травянистой растительности.

Расчет площади покрытия полигона растительностью разного типа и плотности, выполненный при интервальном зонировании снимка от 29.06.2024, позволил уточнить значения апрельских измерений. Так, площадь распространения древесно-кустарниковой растительности составила 16,57 га, травянистой растительности высокой плотности покрытия – 33,93 га, изреженного травостоя – 5,25 га.

Полученные значения автоматизированного расчета площадей на основе интервального зонирования имеют тесную взаимосвязь с ручным планиметрическим измерением визуально определяемых границ зон распространения древесно-кустарниковой растительности с коэффициентом корреляции  $r > 0,97$ .



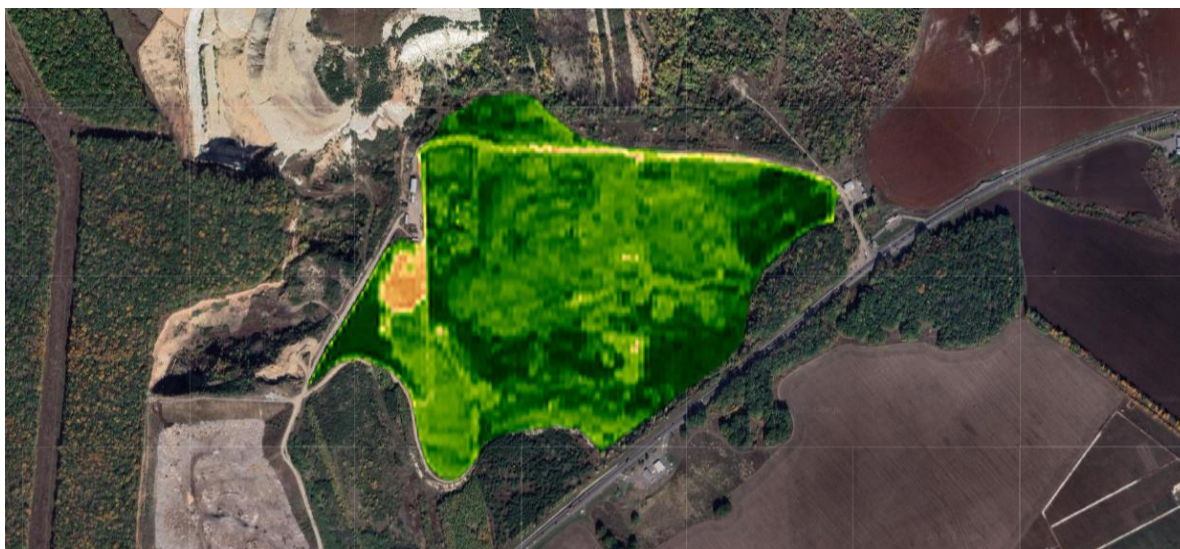


Рис. 5. Карта индекса NDVI на 29.06.2024

Источник: подготовлено авторами.

Для общей оценки временной динамики развития наземной фитомассы всех присутствующих видов было применено сопоставление средневзвешенных значений индекса NDVI для различных периодов вегетационного сезона 2024 г. В результате был построен график, характеризующий прирост и уменьшение зеленой массы растений.

Кривая, представленная на рисунке 6, иллюстрирует изменение средневзвешенных значений NDVI для всей площади рекультивируемой территории в интервале с 02.04.2024 по 24.09.2024. Выраженно отмечается момент достижения сезонного максимума (29.06) и периоды активного роста или старения вегетативных частей растений.

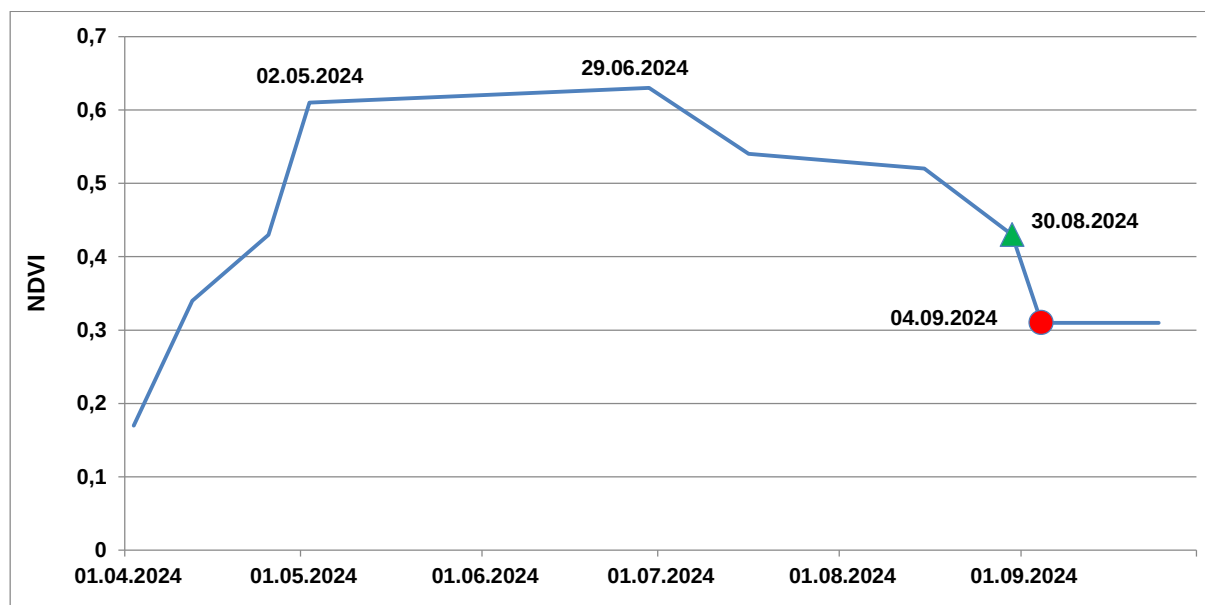


Рис. 6. Диаграмма динамики средневзвешенных значений NDVI для территории полигона ТБО

Источник: подготовлено авторами.

В период выполнения исследований на полигоне наблюдалось возгорание сухого травостоя с последующим длительным тлением верхних слоев полигона. Пожар был зафиксирован 2 сентября и после быстрого поверхностного выгорания сухой травяной массы перешел в тление, продолжавшееся в течение нескольких недель. На рисунке 6

треугольной меткой ( $\Delta$ ) показан момент получения последнего представительного снимка до пожара, а круглой меткой ( $\circ$ ) – первый снимок после выгорания поверхности. При этом наблюдалось резкое снижение средневзвешенного значения NDVI на 0,12 (с 0,43 до 0,31), что обусловлено исчезновением остатков травянистой растительности в центральной части полигона после выгорания.

Анализ карт индекса NDVI за 30 августа и 4 сентября позволил рассчитать площадь выгорания растительности. Была рассмотрена зонированная карта NDVI с выделением интервалов значений, соответствующих открытой поверхности грунта ( $\text{NDVI} < 0,25$ ). В результате была определена площадь выгорания травостоя, составившая 31,55 га.

### Выводы

В результате проведенного исследования удалось показать возможный механизм применения материалов спутниковой мультиспектральной съемки для решения нескольких задач, связанных с мониторингом состояния рекультивируемых территорий и в частности полигонов ТБО.

Индекс NDVI, имеющий известную корреляцию с количеством наземной зеленой растительности, позволяет оценить пространственную и временную динамику развития растительного покрова, представленного древесно-кустарниковыми и травянистыми видами растений, рассчитать площадь, занятую растительностью каждого типа, а также выявить периоды иссушения фитомассы, связанные с физиологическими циклами развития растений [2, 4, 5, 6].

В период проведения исследования был зафиксирован ландшафтный пожар, в результате которого произошло выгорание травяного покрова на значительной площади рекультивируемой территории. Спутниковый мультиспектральный мониторинг позволил не только выявить сам факт выгорания, но и оценить площадь распространения поверхностного горения.

Совокупность полученных сведений позволяет предположить возможность масштабного использования метода мультиспектральной спутниковой съемки с расчетом вегетационного индекса NDVI для оперативного и регулярного мониторинга рекультивируемых территорий в части оценки состояния развития растительного покрова, измерения его горизонтальной неоднородности и высокоточного расчета площадей распространения различных растительных ассоциаций и группировок, а также для выработки рациональных мелиоративных приемов, обеспечивающих ускорение процесса рекультивации.

### Список источников

1. Клещенко А.Д., Кровотынцев В.А., Вирченко О.В. и др. Оценка состояния сельскохозяйственных земель в субъектах Российской Федерации по спутниковым и наземным данным // Радиофизические методы в дистанционном зондировании сред: материалы Всероссийской научной конференции по проблемам радиофизики и дистанционного зондирования сред, проводимой в рамках IV Всероссийских Армавских чтений (Муром, 27–29 мая 2014 г.). Муром: Муромский институт (филиал) ГОУ ВПО «Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», 2014. С. 135–137.
2. Королев В.А. Полигоны ТБО: есть ли альтернатива? // Инженерная геология. 2010. № 1. С. 46–56.
3. Куликов Ю.А., Высоцкая Е.А. Анализ региональных особенностей сезонной динамики продуктивности хозяйственно ценных биоценозов Воронежской области // Экологический Вестник Северного Кавказа. 2024. Т. 20, № 1. С. 130–135.
4. Куприенко П.С., Ашихмина Т.В., Овчинникова Т.В. и др. Рекультивация закрытых полигонов ТБО // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2017. Т. 1, № 8. С. 445–447.
5. Остапенко С.П., Месяц С.П. Исследование динамики восстановления природных экосистем, нарушенных при освоении георесурсов, по данным спутниковых наблюдений // Горная промышленность. 2024. № 6. С. 52–58. DOI: 10.30686/1609-9192-2024-6-52-58.
6. Родионова Н.В., Вахнина И.Л., Желибо Т.В. Оценка динамики послепожарного состояния растительности на территории Ивано-Арахлейского природного парка (Забайкальский край) по радарным и оптическим данным спутников Sentinel 1/2 // Исследование Земли из космоса. 2020. № 3. С. 14–25. DOI: 10.31857/S0205961420030045.

7. Рязанов С.С., Кулагина В.И. Обзор российских и иностранных источников мультиспектральных снимков для создания систем агроэкологического мониторинга // Российский журнал прикладной экологии. 2024. № 2(38). С. 4–18. DOI: 10.24852/2411-7374.2024.2.04.18.
8. Amani M., Mahdavi S., Ghorbanian A. et al. Google Earth Engine Cloud Computing Platform for Remote Sensing Big Data Applications: A Comprehensive Review // IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. 2020. Vol. 13. Pp. 5326–5350. DOI: 10.1109/JSTARS.2020.3021052.
9. Polat A.B., Akcay O., Balik Sanli F. Monitoring seasonal effects in vegetation areas with Sentinel-1 SAR and Sentinel-2 optic satellite // Arabian Journal of Geosciences. 2022. Vol. 15(7). Article No. 670. DOI: 10.1007/s12517-022-09947-x.
10. Sentinel-2 User Handbook: European Space Agency Standard Document. Paris: ESA, 2015. Issue 5, Revision 2. 64 p.
11. Yengoh G.T., Dent D., Olsson L. et al. The use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to assess land degradation at multiple scales: current status, future trends, and practical considerations. Switzerland: Springer International Publishing AG (Springer Nature), 2015. 110 p.

## References

1. Kleshchenko A.D., Volyntsev V.A., Virchenko O.V. et al. Assessment of the state of agricultural lands in the subjects of the Russian Federation based on satellite and ground data. In: Radiophysical Methods in Remote Sensing of Media: Proceedings of the All-Russian Research Conference on Problems of Radiophysics and Remote Sensing of Media, held within the framework of the IV All-Russian Armand Readings (Murom, May 27-29, 2014). Murom: Murom Institute (branch) of Vladimir State University Publishers; 2014:135-13. (In Russ.).
2. Korolev V.A. Solid Waste Landfills: is there an alternative? *Engineering Geology World*. 2010;1:46-56. (In Russ.).
3. Kulikov Yu.A., Vysotskaya E.A. Analysis of regional features of seasonal dynamics of productivity of economically valuable biocenoses of the Voronezh region. *The North Caucasus Ecological Herald*. 2024;20(1):130-135. (In Russ.).
4. Kuprienko P.S., Ashikhmina T.V., Ovchinnikova T.V. et al. Reclamation of closed Solid Waste Landfills. *Fire Safety*. 2017;1(8):445-447. (In Russ.).
5. Ostapenko S.P., Mesyats S.P. Studying the restoration dynamics of natural ecosystems disturbed by the development of geo-resources based on satellite observations. *Russian Mining Industry*. 2024;(6):52-58. DOI: 10.30686/1609-9192-2024-6-52-58. (In Russ.).
6. Rodionova N.V., Vakhnina I.L., Zhelibo T.V. Assessment of the dynamics of the postfire state of vegetation in territory of the Ivan-Arakhley Nature Park (Zabaikalsky Krai) using radar and optical Sentinel 1/2 data. *Earth Research from Space*. 2020;3:14-25. DOI: 10.31857/S0205961420030045. (In Russ.).
7. Ryazanov S.S., Kulagina V.I. A Review of Russian and foreign sources of multispectral imagery for agroecological monitoring systems development. *Russian Journal of Applied Ecology*. 2024;2(38):4-18. DOI: 10.24852/2411-7374.2024.2.04.18. (In Russ.).
8. Amani M., Mahdavi S., Ghorbanian A. et al. Google Earth Engine Cloud Computing Platform for Remote Sensing Big Data Applications: A Comprehensive Review. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. 2020;13:5326-5350. DOI: 10.1109/JSTARS.2020.3021052.
9. Polat A.B., Akcay O., Balik Sanli F. Monitoring seasonal effects in vegetation areas with Sentinel-1 SAR and Sentinel-2 optic satellite. *Arabian Journal of Geosciences*. 2022;15(7):670. DOI: 10.1007/s12517-022-09947-x.
10. Sentinel-2 User Handbook: European Space Agency Standard Document. Paris: ESA; 2015. Issue 5, Revision 2. 64 p.
11. Yengoh G.T., Dent D., Olsson L. et al. The use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to assess land degradation at multiple scales: current status, future trends, and practical considerations. Switzerland: Springer International Publishing AG (Springer Nature); 2015. 110 p.

## Информация об авторах

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

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

## Information about the authors

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

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

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

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

© Куликов Ю.А., Куликова Е.В., 2026

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

Научная статья

УДК 631.363:636.086.5

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2026\_2\_68

EDN: ASPZSU

**Обоснование использования экструдированного пенополистирола  
в качестве утеплителя кровли для оптимизации микроклимата  
в животноводческих помещениях**

**Юрий Васильевич Саенко<sup>1✉</sup>, Владимир Юрьевич Страхов<sup>2</sup>,  
Константин Владимирович Казаков<sup>3</sup>, Александр Николаевич Крюков<sup>4</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина,  
п. Майский, Россия

<sup>1</sup> yuriy311300@mail.ru✉

**Аннотация.** На продуктивность поголовья скота влияют не только виды кормов, режимы кормления, генетический потенциал животных, но и условия содержания, в частности температура внутри животноводческого помещения. Крупный рогатый скот легче переносит низкую температуру, чем высокую. Для молочных коров нижняя граница оптимальной температуры находится на уровне +8 °С, верхняя – +22 °С. При повышении температуры до +25...+28 °С животные испытывают стресс, меньше потребляют корма, что вызывает снижение продуктивности. В совокупности с высокой влажностью и сквозняками растут риски возникновения заболеваний. Представлена информация по расчету теплового потока, который проникает в животноводческое помещение через крышу. Рассмотрены варианты применения в качестве материала кровли двухслойной полиэтиленовой пленки, металлочерепицы и металлочерепицы с утеплителем из экструдированного пенополистирола, а также определено общее термическое сопротивление анализируемых материалов, равное соответственно 0,26 (м<sup>2</sup>·°С)/Вт, 0,179 и 3,42 (м<sup>2</sup>·°С)/Вт. Рассчитаны величины теплового потока, который проходит в животноводческое помещение через крышу площадью 1442 м<sup>2</sup>, которая выполнена по вариантам с использованием исследованных материалов: для кровли из двухслойной полиэтиленовой пленки тепловой поток составил  $Q_{\text{ПЛЕН}} = 20611$  Вт, для металлочерепицы такой же площади без использования теплоизоляции –  $Q_{\text{МЕТ}} = 77166$  Вт, для металлочерепицы с использованием в качестве теплоизоляции экструдированного пенополистирола –  $Q_{\text{МЕТП}} = 4031$  Вт. Определили, что при температуре воздуха окружающей среды  $t_2 = +20...+22$  °С температура воздуха в животноводческом помещении составляла по вариантам соответственно  $t_{1\text{ПЛЕН}} = +25...+27$  °С,  $t_{1\text{МЕТ}} = +30...+32$  °С и  $t_{1\text{МЕТП}} = +20...+21$  °С. Показано, что для поддержания температуры воздуха на фермах крупного рогатого скота на уровне допустимого значения +24 °С поверхность металлочерепицы кровли необходимо отделять от внутреннего пространства помещения тепловой изоляцией, выполненной из экструдированного пенополистирола.

**Ключевые слова:** животноводческое помещение, оптимальная температура окружающей среды, тепловой поток, теплоизоляция, металлочерепица, двухслойная полиэтиленовая пленка, экструдированный пенополистирол

**Для цитирования:** Саенко Ю.В., Страхов В.Ю., Казаков К.В., Крюков А.Н. Обоснование использования экструдированного пенополистирола в качестве утеплителя кровли для оптимизации микроклимата в животноводческих помещениях // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, 2(89). С. 68–78. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_68-78](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_68-78).

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

Original article

**Justification of extruded polystyrene foam usage as roof  
insulation to optimize the microclimate in livestock facilities**

**Yuri V. Saenko<sup>1✉</sup>, Vladimir Yu. Strakhov<sup>2</sup>,  
Konstantin V. Kazakov<sup>3</sup>, Aleksandr N. Kryukov<sup>4</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, Belgorod, Russia

<sup>1</sup> yuriy311300@mail.ru✉

**Abstract.** Livestock productivity is influenced not only by the types of feed, feeding regimes, and genetic potential of animals, but also by the conditions of animal welfare, in particular, the temperature inside the livestock facility. Cattle tolerate low temperatures more easily than high temperatures. For dairy cows, the lower limit of the optimal temperature is at +8 °C, and the upper limit is +22 °C. When the temperature rises to +25... +28 °C, animals

experience stress and consume less feed, which causes a decrease in productivity. Together with high humidity and drafts, the risks of diseases are increasing. The authors present data on the calculation of the heat flow that penetrates into the livestock building through the roof. The options for using double-layer polyethylene film, metal tile sheets and metal tile sheets with extruded polystyrene foam insulation as roofing materials are considered, and the total thermal resistance of the analyzed materials is determined, equal to 0.26 (m<sup>2</sup>·°C)/W, 0.179 and 3.42 (m<sup>2</sup>·°C)/W, respectively. The authors calculated the values of the heat flow that passes into the livestock building through the roof with an area of 1442 m<sup>2</sup>, which is made according to the variants using the studied materials: when a double-layer polyethylene film was used the heat flow was equal to 20611 W, when metal tile sheets of the same area were used without thermal insulation it was 77166 W, and when metal tile sheets were insulated by extruded polystyrene foam the heat flow was 4031 W. The authors also determined that when the environmental air temperature was equal to +20...+22 °C, the inside air temperature according to three variants was +25...+27 °C, +30...+32 °C and +20...+21 °C, respectively. It is shown that in order to maintain the air temperature inside cattle farms at an acceptable value of +24 °C, the surface of the roof designed from metal tile sheets must be separated from the interior of the building by thermal insulation made of extruded polystyrene foam.

**Keywords:** livestock facility, optimal ambient temperature, heat flow, thermal insulation, metal tile sheets, double-layer polyethylene film, extruded polystyrene foam

**For citation:** Saenko Yu.V., Strakhov V.Yu., Kazakov K.V., Kryukov A.N. Justification of extruded polystyrene foam usage as roof insulation to optimize the microclimate in livestock facilities. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(2):68-78. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_68-78](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_68-78).

## Введение

Молочная продуктивность коров определяется не только видами кормов, режимами кормления, генетическим потенциалом животных, но и условиями содержания, в частности температурой внутри животноводческого помещения [1, 2]. Микроклимат в помещении – это комплекс физических факторов окружающей среды (температура, скорость движения, влажность, химический состав воздуха), оказывающих влияние на тепловой обмен организма поголовья.

Оптимальная температура воздуха в животноводческом помещении способствует более полной реализации генетического потенциала животных, профилактике заболеваний, повышению естественной резистентности [4, 5]. Крупный рогатый скот легче переносит низкую температуру, чем высокую [10, 11].

В летнее время для охлаждения воздуха в помещении применяют искусственную вентиляцию, когда скорость движения воздуха над уровнем животного составляет 0,8–1,2 м/с [15, 16]. Установлено, что для молочных коров нижняя граница оптимальной температуры находится на уровне +8 °C, верхняя – +20 °C. При повышении температуры до +25...+28 °C животные испытывают стресс, меньше потребляют корма, что вызывает снижение продуктивности. В совокупности с высокой влажностью и сквозняками растут риски возникновения заболеваний.

В помещение тепло попадает за счет солнечного излучения следующими способами: посредством нагрева стен (10–20%), кровли (50–70%) с дальнейшим прогревом воздуха внутри помещения, через окна и остекленные проемы (20–30%). Кроме этого, в окружающую среду поступает тепло животных, которые находятся в помещении [4, 7, 8, 21, 23].

Конструкция стен в большинстве вариантов выполнена из кирпича, блоков, бетона или, если помещение каркасное, то применяют рулонные шторы. В предложенном расчете рассматриваем поступление тепловой энергии в помещение через кровлю. При выполнении расчета учитываем наиболее часто используемые кровельные материалы коровников, такие как полиэтиленовая пленка, металлочерепица без утеплителя и металлочерепица с утеплителем из экструдированного пенополистирола [10, 11].

Полиэтиленовая пленка характеризуется хорошим пропусканием света, поэтому животные, которые находятся в помещении, получают ультрафиолет, а это предотвращает заболевание рахитом [11, 16].

На рисунке 1 представлена каркасно-тентовая животноводческая ферма, покрытие которой выполнено из двухслойной полиэтиленовой пленки.

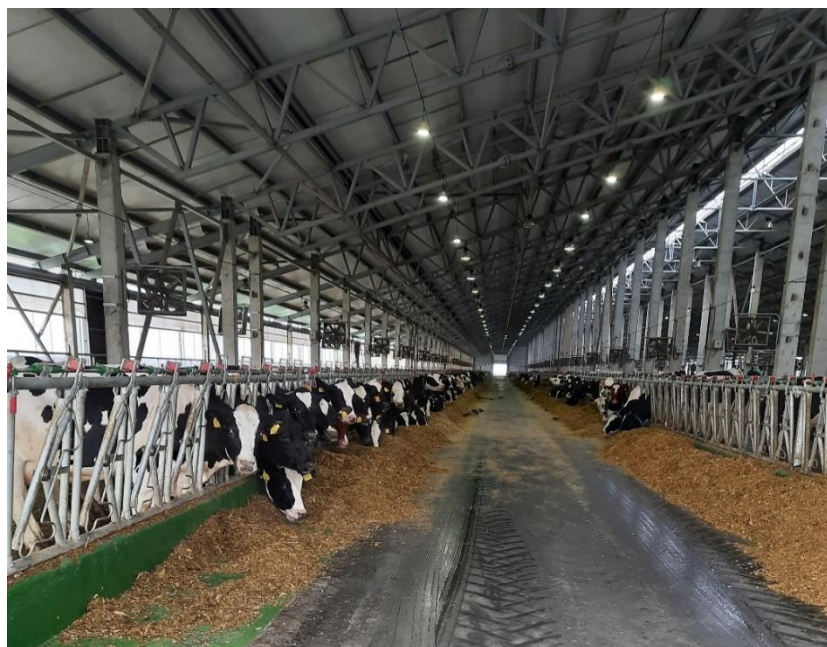




**Рис. 1. Каркасно-тентовая животноводческая ферма, покрытие которой выполнено из двухслойной полиэтиленовой пленки**

Металлочерепица отличается высокими прочностными показателями по отношению к механическому воздействию, воздействию ультрафиолета, длительным сроком службы, поэтому правильно смонтированная кровля долгие годы будет выполнять свои функции, не требуя затрат на ремонт.

На рисунке 2 представлена животноводческая ферма, в которой крыша выполнена из металлочерепицы.



**Рис. 2. Крыша животноводческого помещения, выполненная из металлочерепицы**

Цель проведенного исследования заключалась в обосновании возможности снижения температуры воздуха внутри животноводческого помещения летом за счет использования в качестве теплоизоляции экструдированного пенополистирола.

### Методика исследования

Исследования проводили в колхозе имени В.Я. Горина Белгородского района Белгородской области, ГК «Зелёная Долина» Корочанского района Белгородской области, ИП глава К(Ф)Х Бобылев В.Г. Ивнянского района Белгородской области.

Для определения скорости движения и температуры воздуха внутри и снаружи помещения коровника использовали анемометр-термометр AeroTemp 30. Температуру кровли и утеплителя из экструдированного пенополистирола определяли при помощи электронного термометра Termotester 330, линейные размеры помещений – при помощи рулетки P50Y3K.

Измерения температуры, скорости движения воздуха, температуры поверхности кровли и утеплителя были проведены в трехкратной повторности. В расчетах использованы средние значения указанных показателей.

В качестве исходных данных были приняты следующие размеры животноводческого помещения –  $105 \times 15 \times 4$  м, высота конька – 7 м.

В соответствии с программой эксперименты проводили по трем вариантам выполнения кровли коровника из следующих материалов:

- 1) пленка полиэтиленовая двухслойная;
- 2) металлочерепица;
- 3) металлочерепица с утеплителем из экструдированного пенополистирола.

Расчет объема помещения для содержания животных. Общий объем помещения можно представить как сумму нижней части прямоугольного параллелепипеда и верхней части – цилиндрического клина.

Определим объем помещения для содержания животных по формуле (1)

$$V_{\text{НИЗ}} = a \cdot b \cdot L, \quad (1)$$

где  $a$  – высота помещения, м;

$b$  – ширина помещения, м;

$L$  – длина помещения, м.

Площадь сектора фасада определим по формуле

$$S_{\text{СЕК}} = \frac{r^2}{2} \left( \frac{\pi}{180^\circ} \alpha - \sin \alpha \right), \quad (2)$$

где  $\alpha$  – центральный угол, град;

$r$  – радиус круга, м.

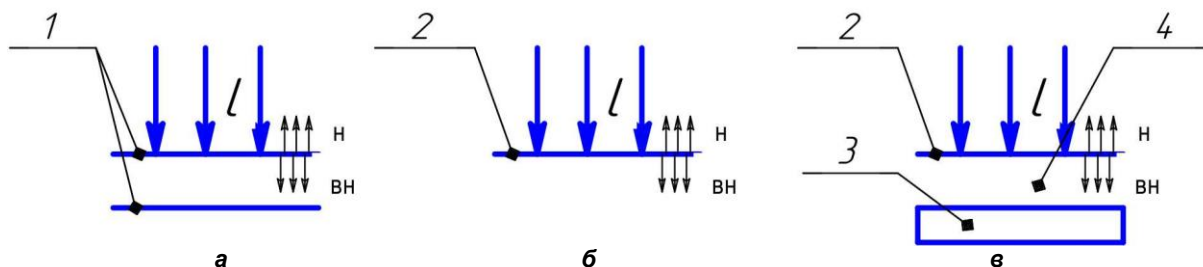
Объем крыши определим по формуле

$$V_{\text{ВЕРХ}} = S_{\text{СЕК}} \cdot L. \quad (3)$$

Общий объем помещения рассчитаем из уравнения (4)

$$V_{\text{ПОЛН}} = V_{\text{НИЗ}} + V_{\text{ВЕРХ}}. \quad (4)$$

На рисунке 3 представлены схемы распределения тепловой энергии с учетом различного вида кровли.



Тепловая энергия, которая поступила от солнца на кровельный материал, может быть записана как сумма энергии, уходящей в атмосферу, и энергии, идущей в помещение. Уравнение теплового баланса можно записать в следующем виде [3, 7, 8, 9]:

$$Q_{\text{погл}} = Q_{\text{атм}} + Q_{\text{внутр}}, \quad (5)$$

где  $Q_{\text{атм}}$  – тепловая энергия, уходящая в атмосферу, Дж;

$Q_{\text{внутр}}$  – тепловая энергия, уходящая в помещение, Дж.

Долю тепловой энергии, которая поступит в атмосферу, определим, используя формулу (6):

$$Q_{\text{атм}\%} = \frac{\alpha_{\text{н}}}{\alpha_{\text{н}} + \alpha_{\text{вн}}}, \quad (6)$$

где  $\alpha_{\text{н}}$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности кровли (в атмосферу), Вт/(м<sup>2</sup>·°C);

$\alpha_{\text{вн}}$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности кровли внутрь помещения, Вт/(м<sup>2</sup>·°C).

Долю тепловой энергии, которая поступит внутрь помещения, определим по уравнению (7):

$$Q_{\text{внутр}\%} = \frac{\alpha_{\text{вн}}}{\alpha_{\text{н}} + \alpha_{\text{вн}}}, \quad (7)$$

где  $\alpha_{\text{н}}$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности кровли (в атмосферу), Вт/(м<sup>2</sup>·°C);

$\alpha_{\text{вн}}$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности кровли внутрь помещения, Вт/(м<sup>2</sup>·°C).

Тепловая энергия, которая поступила на поверхность кровельного материала, распределилась в следующем соотношении: 63% направлено в атмосферу излучением и конвективным способом, 37% – внутрь помещения [15, 17]. Можно отметить, что около третьей части теплоты, которая попадает на поверхность кровли, направлено внутрь помещения. Указанное соотношение справедливо для варианта, если поверхность кровли окрашена в светлый цвет. Но необходимо отметить, что около половины тепловой энергии, поступившей в помещение, уходит в атмосферу через продольное отверстие в коньке или через вертикальные вытяжные каналы, которые расположены в кровле [5, 6].

На величину тепловой энергии, которая поступает внутрь помещения, влияет наличие ветра. С увеличением скорости ветра количество поступающей тепловой энергии снижается [12, 13, 14].

Полный объем животноводческого помещения равен  $V_{\text{полн}} = 9555 \text{ м}^3$ . Предположим, что максимальная кратность естественного воздухообмена в теплое время года равна 2, тогда объем воздуха, выходящего из помещения, составит 19 110 м<sup>3</sup>/ч, или 5,308 м<sup>3</sup>/сек. Плотность воздуха при +20 °C  $\rho = 1,204 \text{ кг/м}^3$ , поэтому массовая секундная теплоотдача воздуха из помещения составит  $q_1 = 6,39 \text{ кг/сек}$  [18, 20, 21, 22].

Для определения количества теплоты с целью нагрева воздуха в помещении применим следующее выражение [14, 19]:

$$Q_{\text{п}} = q_1 \cdot C_{\text{п}} (t_1 - t_2), \quad (8)$$

где  $q_1$  – подача воздуха внутри помещения, кг/сек;

$C_{\text{п}}$  – удельная теплоемкость воздуха, Дж/(кг·°C);

$t_1$  – конечная температура воздуха, °C;

$t_2$  – начальная температура воздуха, °C.

С учетом значения коэффициента тепловой энергии, которая поступает внутрь помещения, конечную температуру воздуха в помещении определим с помощью уравнения (9) [21]:

$$t_1 = \frac{Q_{\text{п}} \cdot Q_{\text{внутр}\%}}{m_1 \cdot C_{\text{п}}} + t_2. \quad (9)$$



Температуру поверхности крыши, которая выполнена из двухслойной полиэтиленовой пленки и металлочерепицы, определим, применив выражение

$$t = t_{\text{НАР}} + (\rho \cdot l) / \alpha_{\text{Н}}, \quad (10)$$

где  $t_{\text{НАР}}$  – температура наружного воздуха в тени, °С;

$\rho$  – коэффициент поглощения солнечной радиации для материалов кровли;

$l$  – максимальная интенсивность солнечной радиации на поверхность кровли, Вт/м<sup>2</sup>;

$\alpha_{\text{Н}}$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности кровли, Вт/(м<sup>2</sup>·°С).

Принципиальная разница между крышей, выполненной из полиэтиленовой пленки, и крышей из металлочерепицы состоит в том, что полиэтиленовая пленка имеет низкий коэффициент поглощения инфракрасного излучения, поэтому его пропускает. В результате инфракрасное излучение, проходя сквозь полиэтиленовую пленку, нагревает предметы и поверхности внутри помещения, которые, в свою очередь, отдают тепло в окружающую среду и нагревают воздух внутри помещения. Металлочерепица, наоборот, обладает высоким коэффициентом поглощения инфракрасного излучения, нагревается сама, а затем постепенно отдает тепло внутрь помещения и нагревает воздух.

Коэффициент теплоотдачи учитывает теплообмен между поверхностью кровли и наружным воздухом. Указанный процесс происходит за счет теплоотдачи конвекцией и излучением.

Определим разницу температуры между поверхностью крыши и необходимой температурой внутри помещения:

$$\Delta t = t - t_{\text{ОПТ}}, \quad (11)$$

где  $t$  – температура нагрева поверхности крыши, °С;

$t_{\text{ОПТ}}$  – оптимальная температура внутри помещения, °С.

Общее термическое сопротивление полиэтиленовой пленки определим по выражению

$$R_{\text{ПЛЕН}} = \frac{1}{\alpha_{\text{Н}}} + R_{\text{ВОЗ}} + \frac{1}{\alpha_{\text{ВН}}}, \quad (12)$$

где  $\alpha_{\text{Н}}$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности полиэтиленовой пленки, Вт/(м<sup>2</sup>·°С);

$R_{\text{ВОЗ}}$  – тепловой поток для горизонтального воздушного зазора, Вт/(м<sup>2</sup>·°С);

$\alpha_{\text{ВН}}$  – коэффициент теплообмена внутри помещения, Вт/(м<sup>2</sup>·°С).

Выполним расчет коэффициента теплопередачи:

$$k = \frac{1}{R_{\text{ПЛЕН}}}. \quad (13)$$

Для определения теплового потока, который поступает в животноводческое помещение через крышу, можно применить выражение

$$Q_{\text{ПЛЕН}} = S \cdot k \cdot \Delta t, \quad (14)$$

где  $S$  – площадь крыши пленки, м<sup>2</sup>;

$k$  – коэффициент теплопередачи пленки, Вт/(м<sup>2</sup>·°С);

$\Delta t$  – разница между температурой поверхности крыши и температурой, необходимой внутри помещения, °С.

Если под крышей не будет утеплителя, то будет происходить нагрев металлочерепицы и последующий нагрев воздуха в животноводческом помещении [6, 15, 18].

Общее термическое сопротивление металлочерепицы определим по выражению

$$R_{\text{МЕТ}} = \frac{1}{\alpha_{\text{Н}}} + R_{\text{ВОЗ}2} + \frac{1}{\alpha_{\text{ВН}}}, \quad (15)$$

где  $\alpha_{\text{Н}}$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности кровли, Вт/(м<sup>2</sup>·°С);

$\alpha_{\text{ВН}}$  – коэффициент теплообмена внутри помещения, Вт/(м<sup>2</sup>·°С);

$R_{\text{ВОЗ}2}$  – тепловой поток, который уходит под конек или в вытяжные каналы, Вт/(м<sup>2</sup>·°С).

Выполним расчет коэффициента теплопередачи:

$$k = \frac{1}{R_{\text{МЕТ}}} . \quad (16)$$

Для определения теплового потока, который поступает в животноводческое помещение через крышу из металлочерепицы, можно применить следующее выражение:

$$Q_{\text{МЕТ}} = S \cdot k \cdot \Delta t, \quad (17)$$

где  $S$  – площадь крыши из металлочерепицы,  $\text{м}^2$ ;

$k$  – коэффициент теплопередачи металлочерепицы,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ;

$\Delta t$  – разница между температурой поверхности крыши и температурой, необходимой внутри помещения,  $^\circ\text{C}$ .

По результатам выполненных расчетов можем отметить, что полиэтиленовая пленка и металлочерепица не обладают достаточными теплоизоляционными свойствами. Их теплоизоляция сводится к значениям коэффициентов теплоотдачи наружной поверхности, а сопротивление передаче тепла незначительно мало. Основное их назначение – это защита от ветра и осадков. Без утеплителя коэффициент теплопроводности металлочерепицы  $\lambda$  будет определяться в основном конвекцией и излучением.

Общее термическое сопротивление металлочерепицы, снабженной утеплителем из экструдированного пенополистирола, определим по выражению

$$R_{\text{МЕТ П}} = \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} + \sum \left( \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right) + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}}, \quad (18)$$

где  $\alpha_{\text{н}}$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности кровли,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ;

$\alpha_{\text{вн}}$  – коэффициент теплообмена внутри помещения,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ;

$\delta_i$  – толщина теплоизоляционного слоя,  $\text{м}$ ;

$\lambda_i$  – теплопроводность утеплителя,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ .

Выполним расчет коэффициента теплопередачи:

$$k = \frac{1}{R_{\text{МЕТ П}}} . \quad (19)$$

Для определения теплового потока, который поступает в животноводческое помещение через крышу из металлочерепицы с утеплителем из экструдированного пенополистирола, можем применить выражение

$$Q_{\text{МЕТ П}} = S \cdot k \cdot \Delta t, \quad (20)$$

где  $S$  – площадь крыши,  $\text{м}^2$ ;

$k$  – коэффициент теплопередачи экструдированного пенополистирола,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ;

$\Delta t$  – разница температур поверхности крыши снаружи и внутри,  $^\circ\text{C}$ .

### Результаты и их обсуждение

По сравнению с первым вариантом (когда полностью отсутствует теплоизоляция), применяя теплоизоляцию, можно добиться существенного снижения теплопередачи внутрь помещения – до 10 раз. В летнее время года это позволит создать поголовью более благоприятные условия нахождения в помещении.

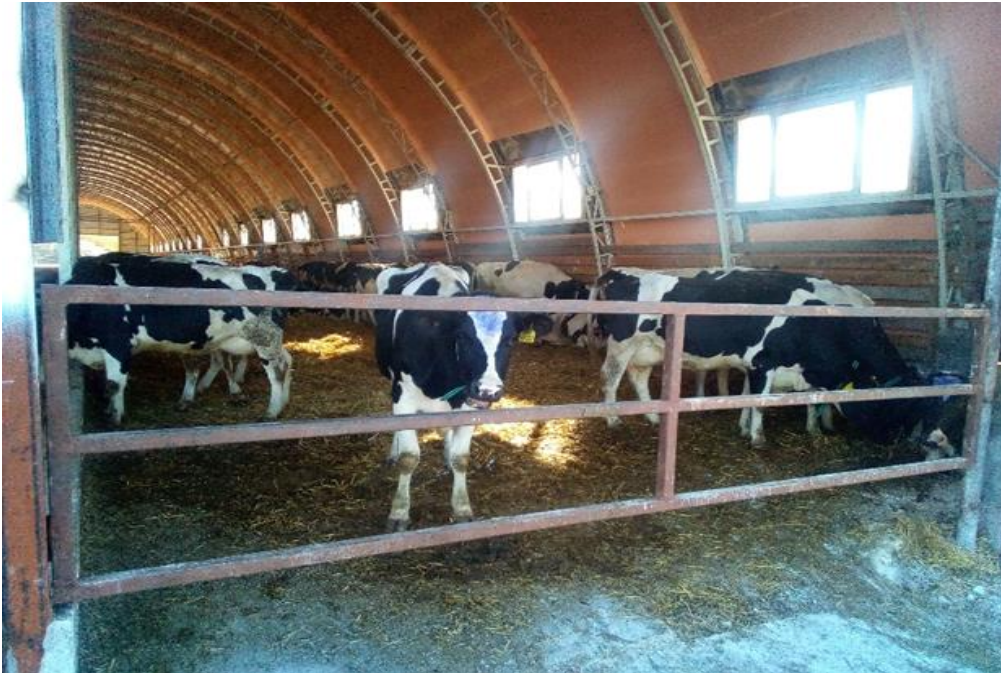
Результаты расчета представлены в таблице.

Результаты проведенного расчета

| Материал крыши                                                     | Общее термическое сопротивление, $R$ , $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ | Коэффициент теплопередачи, $k$ , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ | Тепловой поток, который поступает в животноводческое помещение, $Q$ , $\text{Вт}$ | Температура воздуха в помещении, $t_1$ , $^\circ\text{C}$ |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Пленка полиэтиленовая двухслойная                                  | 0,26                                                                                 | 3,85                                                                           | 20 611                                                                            | 25–27                                                     |
| Металлочерепица                                                    | 0,179                                                                                | 5,59                                                                           | 77 166                                                                            | 30–32                                                     |
| Металлочерепица с утеплителем из экструдированного пенополистирола | 3,42                                                                                 | 0,292                                                                          | 4 031                                                                             | 20–21                                                     |

Проведенные расчеты показали, что наименьшие значения коэффициента теплопередачи  $k = 0,285 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{С)}$  и теплового потока  $Q = 6845,7 \text{ Вт}$  наблюдаются при применении металлочерепицы с утеплителем из экструдированного пенополистирола. Следовательно, указанный вариант практического выполнения крыши эффективнее двух других будет препятствовать чрезмерному прогреву воздуха внутри помещения в летнее время.

На рисунке 4 представлены животноводческие помещения для содержания крупного рогатого скота, в которых для теплоизоляции крыши, выполненной из металлочерепицы, использовали экструдированный пенополистирол.



**а**



**б**

**Рис. 4. Животноводческое помещение, в котором для теплоизоляции использован экструдированный пенополистирол: а – вариант размещения изоляции на внутренней поверхности боковых стенок; б – вариант размещения изоляции под металлической крышей**

### Заключение

Металлочерепица – наиболее прочный, долговечный материал, устойчивый к механическим воздействиям и ультрафиолету, который используют для кровли, не является препятствием для поступления тепла в помещение. Утеплитель служит основным препятствием на пути проникновения теплового излучения в помещение. По результатам проведенного исследования для теплоизоляции кровли на фермах можно рекомендовать применять экструдированный пенополистирол. Также в центре кровли необходимо установить вентилируемый конек или вытяжные шахты, через которые теплый воздух будет уходить в окружающую среду.

В результате выполненного расчета установлены величины теплового потока, который проходит в животноводческое помещение через крышу площадью  $S = 1442 \text{ м}^2$ , по трем вариантам выполнения кровли:

- из двухслойной полиэтиленовой пленки –  $Q_{\text{ПЛЕН}} = 20611 \text{ Вт}$ ;
- из металлочерепицы без использования теплоизоляции –  $Q_{\text{МЕТ}} = 77166 \text{ Вт}$ ;
- из металлочерепицы с использованием в качестве теплоизоляции экструдированного пенополистирола –  $Q_{\text{МЕТП}} = 4031 \text{ Вт}$ .

Установлено, что при температуре воздуха окружающей среды  $+20...+22 \text{ }^{\circ}\text{C}$  температура воздуха в животноводческом помещении по трем исследованным вариантам выполнения кровли составит соответственно  $+25...+27 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $+30...+32 \text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $+20...+21 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

На фермах крупного рогатого скота стены выполняют из бетона, кирпича или помещение делают в виде каркаса, который закрывают шторами [11, 12, 20]. Чаще всего крышу выполняют из двухслойной полиэтиленовой пленки (в бюджетном исполнении) или из металлочерепицы. Основная функция двухслойной полиэтиленовой пленки – создание воздушного пространства между слоями, которое является хорошим теплоизолятором [6, 7, 9]. Полиэтиленовая пленка характеризуется низкими прочностными свойствами, что особенно проявляется при воздействии на нее снеговой нагрузки. Также под воздействием ультрафиолета пленка быстро разрушается, поэтому низкая стоимость такой кровли при возведении сооружения нивелируется необходимостью в регулярной замене пленки.

Большое распространение получило применение металлочерепицы. Такой материал отличается высокими показателями прочности, устойчив к снеговым нагрузкам и обладает большим эксплуатационным ресурсом. Однако физические свойства металлочерепицы таковы, что летом происходит нагрев материала, а затем последующая передача тепла внутрь животноводческой фермы. В результате этого внутри (в нижней части помещения) температура поднимается до  $+27...+29 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , что оказывает отрицательное влияние на состояние здоровья животных, показатели продуктивности [11, 16].

Для поддержания температуры воздуха на фермах крупного рогатого скота на уровне допустимого значения  $+24 \text{ }^{\circ}\text{C}$  необходимо, чтобы поверхность металлочерепицы была отделена тепловой изоляцией от внутреннего пространства помещения. Для этого с внутренней стороны крыши необходимо применить в качестве теплоизоляции экструдированный пенополистирол.

### Список источников

1. Абрамкина Д.В. Организация естественной вентиляции коровника беспривязного содержания // Аграрный научный журнал. 2022. № 10. С. 97–99. DOI: 10.28983/asj.y2022i10pp97-99.
2. Абрамкина Д.В. Оценка возможности применения щелевого проветривания коровника облученной конструкции в теплый период года // Аграрный научный журнал. 2021. № 1. С. 68–70. DOI: 10.28983/asj.y2021i1pp68-70.
3. Вендин С.В., Саенко Ю.В., Окунев А.Ф. Сушилка пророщенного зерна // Техника и технологии в животноводстве. 2021. № 1(41) С. 71–75. DOI: 10.51794/27132064-2021-1-71.

4. Иванов Ю.Г., Борулько В.Г., Андреев С.А. Комбинированная система управления местной вентиляцией в животноводческом помещении // *Агроинженерия*. 2022. Т. 24, № 6. С. 9–14. DOI: 10.26897/2687-1149-2022-6-9-14.
5. Иванов Ю.А., Борулько В.Г., Иванов Ю.Г. Организация системы вентиляции с водоиспарительным охлаждением для производственных зон коровника // *Техника и технологии в животноводстве*. 2024. Т. 14, № 4. С. 31–36. DOI: 10.22314/27132064-2024-14-4-31.
6. Иванов Ю.Г., Борулько В.Г., Понизовкин Д.А. Устройство местной принудительной вентиляции коровника для теплого времени года // *Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина»*. 2016. Т. 3, № 73. С. 23–28.
7. Игнаткин И.Ю., Прокофьев М.М., Щеголихина Т.А. Разработка и испытание автоматизированного модульного охладителя-дезинфектора для систем управления микроклиматом в свиноводстве // *Техника и оборудование для села*. 2025. № 8(338). С. 28–33. DOI: 10.33267/2072-9642-2025-8-28-33.
8. Игнаткин И.Ю., Шевкун Н.А., Архипцев А.В. Об особенностях организации реверсивного оттаивания в рекуператорах теплоты вытяжного воздуха // *Агроинженерия*. 2022. Т. 24, № 6. С. 15–19. DOI: 10.26897/2687-1149-2022-6-15-19.
9. Игнаткин И.Ю., Шевкун Н.А., Серов Н.В. Испытание рекуператора теплоты в СК «Хвалынский» // *Техника и оборудование для села*. 2025. № 1(331). С. 11–15. DOI: 10.33267/2072-9642-2025-1-11-15.
10. Кузнецов А.Ф., Стекольников А.А., Алемайкин И.Д. Крупный рогатый скот: содержание, кормление, болезни: диагностика и лечение: учебное пособие для вузов. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 752 с.
11. Кулиев Р.С. Экспериментальная система микроклимата для коровника // *Аграрная наука*. 2014. № 5. С. 25–26.
12. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Исаев С.Х. Эффективность сушки аэродинамического подогрева с комбинированным теплообменником // *Инновационная техника и технология*. 2020. № 3(24). С. 29–36.
13. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Михайличенко С.М. и др. Сушилка аэродинамического нагрева модульного типа // *Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения*. 2022. № 1(21). С. 218–222.
14. Купреенко А.И., Комогорцев В.Ф., Исаев Х.М. и др. Тепловой баланс комбинированного теплообменника сушки аэродинамического подогрева // *Агроинженерия*. 2020. № 6(100). С. 66–73. DOI: 10.26897/2687-1149-2020-6-66-73.
15. Мамедов Э.С. Оценка теплообеспечения помещения для содержания животных // *Аграрная наука*. 2014. № 4. С. 30–32.
16. Мустафин Р.З., Герасименко В.В., Мустафина А.С. Правила содержания сельскохозяйственных животных на фермах: учебное пособие. Оренбург: Оренбургский государственный аграрный университет, 2024. 96 с.
17. Петров А.М. Применение тепловых насосов для обогрева животноводческих помещений // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2012. № 3(19). С. 122–125.
18. Рудобашта С.П., Русаков М.А. Рекуперация теплоты воздуха, удаляемого из животноводческого помещения // *Техника и технологии в животноводстве*. 2024. Т. 14, № 3. С. 15–21. DOI: 10.22314/27132064-2024-3-15.
19. Саенко Ю.В., Байрамов Р.З. Установка для сушки пророщенного зерна // *Техника и технологии в животноводстве*, 2023. № 4(52). С. 91–96.
20. Скляр А.В., Попов В.А. Особенности регулировки минимального уровня вентиляции в птичниках в холодный период года // *Птицеводство* 2024. № 12. С. 61–65. DOI: 10.33845/0033-3239-2024-73-12-61-65.
21. Ужик В.Ф., Чехунов О.А., Саенко Ю.В. Поиск инженерных решений по поддержанию оптимальной температуры в коровниках с прозрачной крышей // *Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства*. 2018. № 2(30). С. 34–39.
22. Хлыстунов В.Ф., Брагинец С.В., Токарева А.Н. Определение рационального количества теплоутилизаторов для коровника на 400 голов // *Вестник Донского государственного технического университета*. 2018. Т. 18, № 1. С. 102–109. DOI: 10.23947/1992-5980-2018-18-1-102-109.
23. Campbell J. Cattle housing and ventilation. Technical Note TN689 // Farm Advisory Service (Technical Note was funded by the Scottish Government as part of its Farm Advisory Service). URL: <https://www.fas.scot/downloads/technical-note-tn689-cattle-housing-ventilation/>.

## References

1. Abramkina D.V. Organization of natural ventilation of loose-housing barn. *Agrarian Scientific Journal*. 2022;10:97-99. DOI: 10.28983/asj.y2022i10pp97-99. (In Russ.).
2. Abramkina D.V. Evaluation of the possibility of application of slit ventilation of a lightweight cowshed in the warm period of the year. *Agrarian Scientific Journal*. 2021;1:68-70. DOI: 10.28983/asj.y2021i1pp68-70. (In Russ.).
3. Vendin S.V., Saenko Yu.V., Okunev A.F. Sprouted grain dryer. *Machinery and Technologies in Livestock*. 2021;1:71-75. DOI: 10.51794/27132064-2021-1-71. (In Russ.).
4. Ivanov Yu.G., Borulko V.G., Andreev S.A. Combined local ventilation control system for livestock house. *Agricultural Engineering (Moscow)*. 2022;24(6):9-14. DOI: 10.26897/2687-1149-2022-6-9-14. (In Russ.).
5. Ivanov Yu.A., Borulko V.G., Ivanov Yu.G. Organization of a ventilation system with evaporative cooling for cowshed's producing areas. *Machinery and Technologies in Livestock*. 2024;14(4):31-36. DOI: 10.22314/27132064-2024-14-4-31. (In Russ.).

6. Ivanov Yu.G., Borulko V.G., Ponizovkin D.A. Local forced cowshed ventilation in warm seasons. *Vestnik of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin"*. 2016;3(73):23-28. (In Russ.).
7. Ignatkin I.Yu., Prokofiev M.M., Shchegolikhina T.A. Development and testing of an automated modular cooler-disinfector for the microclimate control systems in pig farming. *Machinery and Equipment for Rural Areas*. 2025; 8: 28-33. DOI: 10.33267/2072-9642-2025-8-28-33. (In Russ.).
8. Ignatkin I.Yu., Shevkun N.A., Arkhiptsev A.V. On the peculiarities of organizing reverse defrosting in exhaust air heat recuperators. *Agricultural Engineering (Moscow)*. 2022;24(6):15-19. DOI: 10.26897/2687-1149-2022-6-15-19. (In Russ.).
9. Ignatkin I.Yu., Shevkun N.A., Serov N.V. Testing of the Recuperative Heat Exchanger in SK "Khvalynsky". *Machinery and Equipment for Rural Areas*. 2025;1:11-15. DOI: 10.33267/2072-9642-2025-1-11-15. (In Russ.).
10. Kuznetsov A.F., Stekolnikov A.A., Alemaikin I.D. Cattle: maintenance, feeding, diseases: diagnosis and treatment: textbook for universities. St. Petersburg: Lan' Publishers; 2021. 752 p. (In Russ.).
11. Kuliev R.S. Experimental system of microclimate for cows premises. *Agrarian Science*. 2014;5:25-26. (In Russ.).
12. Kupreenko A.I., Isaev Kh.M., Isaev S.Kh. Efficiency of the aerodynamic dryer heated with a combined heat exchanger. *Innovative Machinery and Technology*. 2020;3(24):29-36. (In Russ.).
13. Kupreenko A.I., Isaev Kh.M., Mikhaylichenko S.M. et al. Modular type aerodynamic heating dryer. *Designing, use and reliability of agricultural machinery*. 2022;1(21):218-222. (In Russ.).
14. Kupreenko A.I., Komogortsev V.F., Isaev Kh.M. et al. Heat balance of combined heat exchanger used in aerodynamic heating dryers. *Agricultural Engineering*. 2020;6(100):66-73. DOI: 10.26897/2687-1149-2020-6-66-73. (In Russ.).
15. Mamedov E.S. Evaluation of heat supply of animals premises. *Agrarian Science*. 2014;4:30-32. (In Russ.).
16. Mustafin R.Z., Gerasimenko V.V., Mustafina A.S. Rules of keeping farm animals on farms: study guide. Orenburg: Orenburg State Agrarian University Publishers; 2024. 96 p. (In Russ.).
17. Petrov A.M. Application of heat pumps for heating livestock buildings. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2012;3:122-125. (In Russ.).
18. Rudobashta S.P., Rusakov M.A. Heat recovery from the air livestock premises removing. *Machinery and Technologies in Livestock*. 2024;14(3):15-21. DOI: 10.22314/27132064-2024-3-15. (In Russ.).
19. Saenko Yu.V., Bayramov R.Z. Installation for sprouted grain's drying. *Machinery and Technologies in Livestock*. 2023;4(52):91-96. (In Russ.).
20. Sklyar A.V., Popov V.A. Adjusting the minimal ventilation level in poultry houses during the cold season. *Ptitsevodstvo*. 2024;12:61-65. DOI: 10.33845/0033-3239-2024-73-12-61-65. (In Russ.).
21. Uzhik V.F., Chekhunov O.A., Saenko Yu.V. The engineering solutions on optimum temperature search in the cowbarns with a transparent roof. *Vestnik of the All-Russian Scientific Research Institute of Livestock Production Engineering*. 2018;2:34-39. (In Russ.).
22. Khlystunov V.F., Braginets S.V., Tokareva A.N. Determination of rational number of heat recovery units for the barn for 400 heads. *Vestnik of Don State Technical University*. 2018;1:102-109. DOI: 10.23947/1992-5980-2018-18-1-102-109. (In Russ.).
23. Campbell J. Cattle housing and ventilation. Technical Note TN689. *Farm Advisory Service* (Technical Note was funded by the Scottish Government as part of its Farm Advisory Service). URL: <https://www.fas.scot/downloads/technical-note-tn689-cattle-housing-ventilation/>.

#### Информация об авторах

Ю.В. Саенко – доктор технических наук, профессор инженерного факультета, ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», yuriy311300@mail.ru.  
В.Ю. Страхов – кандидат технических наук, доцент инженерного факультета ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», strakhov\_vy@belgau.ru.  
К.В. Казаков – кандидат технических наук, доцент, доцент инженерного факультета, ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», kazakov\_kv@belgau.ru.  
А.Н. Крюков – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент агрономического факультета ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», kryukov\_an@belgau.ru.

#### Information about the authors

Yu.V. Saenko, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Faculty of Engineering, Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, yuriy311300@mail.ru.  
V.Yu. Strakhov, Candidate of Engineering Sciences, Docent, Faculty of Engineering, Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, strakhov\_vy@belgau.ru.  
K.V. Kazakov, Candidate of Engineering Sciences, Docent, Faculty of Engineering, Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, kazakov\_kv@belgau.ru.  
A.N. Kryukov, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Faculty of Agronomy, Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorinkryukov\_an@belgau.ru.

Статья поступила в редакцию 10.03.2026; одобрена после рецензирования 15.04.2026; принята к публикации 20.04.2026.

The article was submitted 10.03.2026; approved after reviewing 15.04.2026; accepted for publication 20.04.2026.

© Саенко Ю.В., Страхов В.Ю., Казаков К.В., Крюков А.Н., 2026

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

Научная статья

УДК 631.162.3

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2026\_2\_79

EDN: JAZJAA

### Определение энергоэффективности методов регулирования скорости воздуха в вертикальном пневмоканале для реализации системы автоматического управления в зерноочистительных машинах и воздушно-решетных сепараторах

Дмитрий Сергеевич Тарабрин<sup>1✉</sup>, Вячеслав Анатольевич Гулевский<sup>2</sup>,  
Владимир Иванович Оробинский<sup>3</sup>, Сергей Николаевич Савушкин<sup>4</sup>

<sup>1, 4</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Рамонский район, Воронежская область, Россия

<sup>2, 3</sup> Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия

<sup>1</sup> tarabrinds@yandex.ru✉

**Аннотация.** Представлены результаты анализа методов регулирования скорости воздушного потока в вертикальном пневмосепарирующем канале послерешетной аспирации воздушно-решетных сепараторов. Проведена оценка энергоэффективности таких основных способов регулировки, как изменение частоты вращения вентилятора, дросселирование поворотной заслонкой и холостой подсос воздуха через регулируемое окно. Методология основана на экспериментальных исследованиях на лабораторной установке с измерением скорости воздуха, расхода, потерь давления и мощности, потребляемой вентилятором при различных режимах. Предложена лабораторная установка для определения параметров работы послерешетной аспирации, оснащенная всасывающим окном с регулировочной заслонкой и дроссельной заслонкой с изменяемым углом наклона от 0 до 75°. Установлено, что частотное регулирование обеспечивает линейную зависимость скорости от частоты вращения и снижение мощности с 0,144 до 0,025 кВт при уменьшении скорости с 7,8 до 4,1 м/с, демонстрируя высокую энергоэффективность и точность настройки. Дроссельное регулирование приводит к росту мощности до 0,318 кВт при снижении скорости всего до 4,1 м/с вследствие увеличения сопротивления, что делает метод нерациональным. Холостой подсос позволяет снизить мощность до 0,098 кВт при уменьшении скорости до 4,5 м/с, обеспечивая умеренную энергоэффективность и плавное регулирование. Результаты исследования применимы при разработке систем автоматического управления скоростью воздуха в зерноочистительных машинах и воздушно-решетных сепараторах. Показано, что оптимальным решением является комбинированное использование частотного регулирования в качестве основного метода и холостого подсоса для точной настройки параметров воздушного потока.

**Ключевые слова:** вертикальный пневмоканал, регулирование скорости воздуха, энергоэффективность, частотное регулирование, дросселирование, холостой подсос воздуха, воздушно-решетный сепаратор

**Для цитирования:** Тарабрин Д.С., Гулевский В.А., Оробинский В.И., Савушкин С.Н. Определение энергоэффективности методов регулирования скорости воздуха в вертикальном пневмоканале для реализации системы автоматического управления в зерноочистительных машинах и воздушно-решетных сепараторах // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, № 2(89). С. 79–89. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_79](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_79)–89.

#### 4.3.1. TECHNOLOGIES, MACHINERY AND EQUIPMENT FOR AGROINDUSTRIAL COMPLEX (ENGINEERING SCIENCES)

Original article

### Determination of energy efficiency of methods for regulating air velocity in a vertical pneumatic channel for the implementation of an automatic control system in grain cleaning machines and air-sieve separators

Dmitry S. Tarabrin<sup>1✉</sup>, Vyacheslav A. Gulevsky<sup>2</sup>,  
Vladimir I. Orobinsky<sup>3</sup>, Sergey N. Savushkin<sup>4</sup>

<sup>1, 4</sup> All-Russian Research Institute of Plant Protection, Ramonsky District, Voronezh Oblast, Russia

<sup>2, 3</sup> Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

<sup>1</sup> tarabrinds@yandex.ru✉



**Abstract.** The results of the evaluation of methods for regulating the air flow velocity in the vertical pneumatic separation channel of the post screen aspiration of air-sieve separators are presented. An assessment of the energy efficiency of such basic control methods as changing the fan speed, pressure reduction by rotary flap and idle air intake through an adjustable window has been carried out. The methodology is based on experimental studies in a laboratory installation with measurements of air velocity, flow rate, pressure loss and fan power consumption in various modes. A laboratory installation is proposed for determining the parameters of post screen aspiration operation, equipped with a suction window with an adjustment flap and a throttle valve with a variable tilt angle from 0° to 75°. It has been found that frequency control provides a linear dependence of speed on rotational velocity and a reduction in power from 0.144 to 0.025 kW with a decrease in speed from 7.8 to 4.1 m/s, demonstrating high energy efficiency and tuning accuracy. Throttle control leads to an increase in power to 0.318 kW with a decrease in speed to 4.1 m/s due to an increase in resistance, which makes the method irrational. The idle suction reduces power to 0.098 kW while reducing speed to 4.5 m/s, providing moderate energy efficiency and smooth regulation. The research results are applicable in the development of automatic air velocity control systems in grain-cleaning machines and air-sieve separators. It is shown that the optimal solution is the combined use of frequency control as the main method and idle suction for fine-tuning the air flow parameters.

**Keywords:** vertical pneumatic channel, airflow velocity control, energy efficiency, frequency control, pressure reduction, idle air suction, air-screen separator

**For citation:** Tarabrin D.S., Gulevsky V.A., Orobinsky V.I., Savushkin S.N. Determination of energy efficiency of methods for regulating air velocity in a vertical pneumatic channel for the implementation of an automatic control system in grain cleaning machines and air-sieve separators. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(2):79-89. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_79-89](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_79-89).

В настоящее время самым распространенным и эффективным методом очистки семян от примесей является сортировка воздушным потоком [1–5, 7]. Пневмосепарация применяется в большинстве аспирационных и воздушно-решетных сепараторов. Конструкция аспирационных систем таких сепараторов предусматривает ручную регулировку скорости воздушного потока в пневмоканалах [7–9]. Ведущие мировые производители широко применяют механические методы регулировки — дроссельные заслонки и шиберы [10]. Современные производители зерноочистительной техники активно внедряют метод регулирования скорости воздушного потока в пневмоканалах за счет изменения частоты вращения вентилятора [6]. В этом случае для изменения скорости вращения вентилятора обычно используют преобразователь частоты электрического тока [4].

Так же как и зарубежные производители, отечественные сельхозмашиностроители в зерноочистительной технике используют для настройки параметров аспирации как частотное регулирование, так и регулировочные заслонки [11, 15]. Следует отметить, что настройка и корректировка параметров воздушной очистки на большинстве машин осуществляется оператором вручную, под каждую культуру. Однако одним из передовых производителей зерноочистительных машин из Дании, компанией Westrup, разработана и внедрена система NAVIGATOR, которая позволяет автоматически устанавливать и поддерживать параметры очистки [13].

Закрытость информации иностранных разработчиков относительно автоматического регулирования параметров воздушного потока в пневмосепарирующих каналах не позволяет российским производителям внедрять такие технические решения. С учетом вышеизложенного с целью разработки отечественной системы автоматического регулирования параметров аспирационной очистки семян актуальным является определение оптимальных методов регулировки воздушного потока.

Для исследования характеристик системы воздушной очистки послерешетной аспирации современных двухаспирационных воздушно-решетных сепараторов в лаборатории механизации защиты растений ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» разработана и изготовлена лабораторная установка (рис. 1).



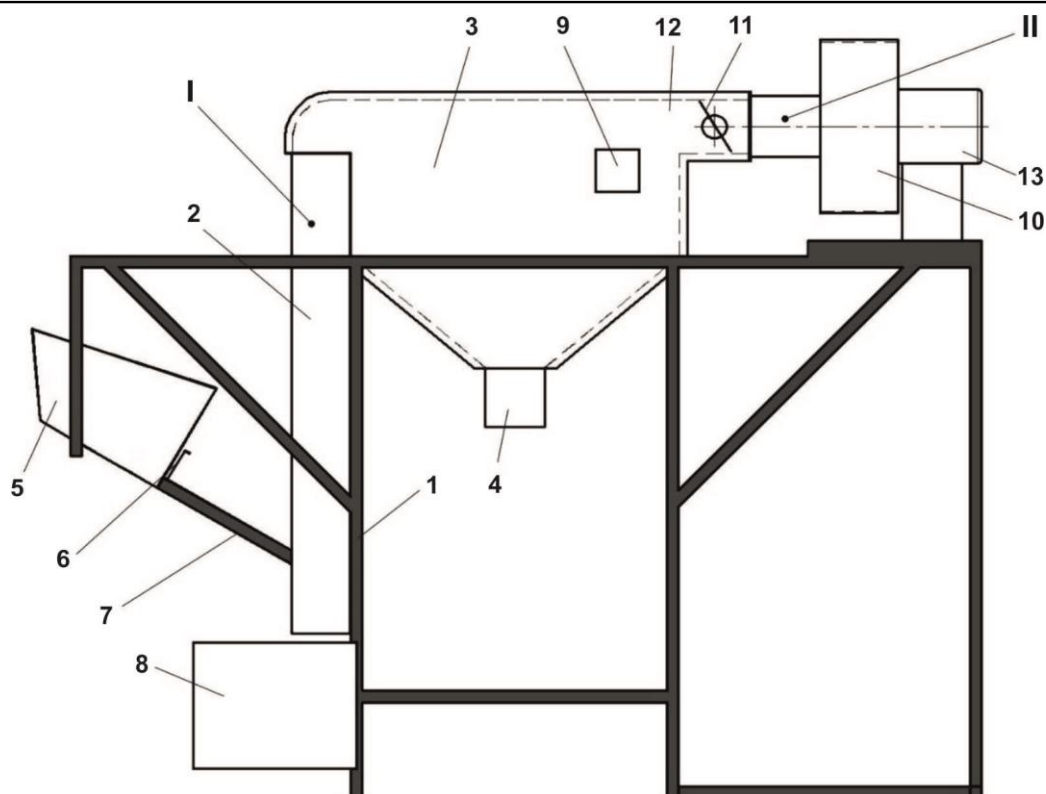


Рис. 1. Схема лабораторной установки для определения параметров работы вертикального пневмосепарирующего канала: I – место замера характеристик пневмосепарирующего канала; II – место замера характеристик пневмосистемы; 1 – сварная рама; 2 – вертикальный пневмоканал; 3 – осадочная камера; 4 – съемный бункер; 5 – загрузочный бункер; 6 – регулируемая задвижка; 7 – лоток; 8 – емкость для сбора обработанного материала; 9 – окно; 10 – вентилятор; 11 – дроссельная заслонка; 12 – горизонтальный пневмоканал; 13 – электропривод

Лабораторная установка, предназначенная для определения параметров работы вертикального пневмосепарирующего канала, смонтирована на сварной раме 1 и имеет вертикальный пневмосепарирующий канал 2, осадочную камеру 3, центробежный вентилятор 10 с электроприводом 13, всасывающее окно с регулировочной заслонкой 9, дроссельную заслонку 11 с изменяемым углом наклона, сборник отходов 4 и загрузочный бункер 5 с подающим лотком 7. Площадь поперечного сечения вертикального пневмоканала составляет 280 см<sup>2</sup> [5, 14, 15].

Была выполнена сравнительная оценка энергоэффективности следующих трех основных способов регулировки:

- изменение частоты вращения вентилятора;
- дросселирование поворотной заслонкой;
- холостой подсос воздуха через регулируемое окно.

Ключевым параметром для оценки методов регулирования принята энергоэффективность, которая выражается в потребляемой мощности вентилятора  $N$  для создания необходимого воздушного потока.

$$N = \frac{Q \cdot \Delta P}{\eta},$$

где  $Q$  – расход воздуха, м<sup>3</sup>/с);

$\eta$  – КПД вентилятора (0,6–0,8);

$\Delta P$  – сопротивление пневмосистемы, Па.

Ввиду особенности протекания физических процессов при регулировке скорости воздушного потока в пневмосистеме, а именно при дросселировании воздуха, в пневмоканале создается дополнительное сопротивление, а при создании холостого подсоса воздуха сопротивление снижается за счет увеличения площади всасывания воздуха [16]. В связи с этим для определения энергоэффективности регулировки скорости воздушного потока в пневмоканале с помощью многофункционального прибора Testo 435 измеряли полное давление пневмосистемы перед вентилятором II (рис. 1).

Изменение скорости воздушного потока при изменении частоты вращения вентилятора обусловлено прямой зависимостью объемного расхода воздуха от частоты вращения вентилятора. При увеличении частоты вращения количество передаваемого воздуха (то есть объемный расход воздушного потока за короткий промежуток времени) значительно возрастает. Мгновенная скорость воздуха также увеличивается пропорционально увеличению объемного расхода. Для изменения рабочей частоты вращения вентилятора использовали частотный преобразователь электрического тока ELHART EMD-MINI-015 T [12]. Изменяя частоту электрического тока, регулировали число оборотов ротора асинхронного трехфазного двигателя мощностью 0,6 кВт и номинальной частотой вращения 2950 об/мин.

В процессе исследования эффективности регулирования скорости воздуха в пневмосепарирующем канале изменяли частоту вращения ротора вентилятора с 2900 до 1500 об/мин, при этом измеряли скорость воздушного потока в пневмосепарирующем канале и сопротивление пневмосистемы при каждом снижении частоты вращения вентилятора на 200 об/мин.

Для определения эффективности регулирования скорости воздушного потока за счет холостого подсоса воздуха в осадочной камере лабораторной установки выполнено всасывающее окно 9 (рис. 1).

Для равномерного регулирования объема холостого подсоса воздуха на окне смонтирована рамка с пятью щелями высотой 160 мм и шириной 20 мм, расположенными через равные промежутки. Регулировка осуществлялась сдвижной заслонкой, которая имеет такие же по размерам щели, но в закрытом состоянии они расположены в шахматном порядке относительно рамки, за счет чего полностью перекрывают окно холостого подсоса воздуха.

При полностью открытой заслонке площадь холостого подсоса составляет 160 см<sup>2</sup>. Регулировка скорости воздуха будет происходить за счет увеличения или уменьшения площади сечения окна.

При изменении площади холостого подсоса воздуха прибором Testo 435 с помощью трубки Пито-Прандтля в зоне сепарации пневмоканала I (рис. 1) замеряли скорость воздушного потока, а также значение полного давления всей пневмосистемы.

Для определения эффективности изменения скорости воздуха в аспирационном канале за счет дросселирования в пневмосистеме перед вентилятором была установлена поворотная заслонка 11, перекрывающая горизонтальный отрезок 12 (рис. 1). При изменении ее положения создается дополнительное сопротивление, в результате чего скорость воздуха в пневмоканале снижается. При этом угол поворота заслонки от полностью открытой до полностью закрытой составляет 75°.

В ходе эксперимента поворачивали заслонку с шагом в 10°, измеряя скорость воздуха в канале и сопротивление пневмосистемы в целом.

Таблица 1. Изменение площади сечения при изменении угла наклона дроссельной заслонки

|                          |     |     |     |     |     |     |     |    |    |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|
| Угол, °                  | 0   | 10  | 20  | 30  | 40  | 50  | 60  | 70 | 75 |
| Площадь, см <sup>2</sup> | 280 | 234 | 184 | 138 | 954 | 592 | 295 | 80 | 0  |

Для численной оценки на основании полученных результатов рассчитана потребляемая мощность вентилятора и определена точность регулирования при различных методах изменения скорости воздушного потока в аспирационном канале.

*Сравнение методов регулировки скорости воздуха в вертикальном пневмоканале*

В рамках исследования методов регулирования скорости воздушного потока в пневмосепарирующем канале определены скорость воздушного потока в вертикальном пневмоканале, сопротивление и объемный расход воздуха пневмосистемы. По принятой методике на основании результатов измерений характеристик пневмосистемы рассчитана мощность, потребляемая вентилятором на создание воздушного потока при различных параметрах регулирующих устройств.

В таблице 2 представлены результаты исследования регулирования скорости воздуха в пневмоканале за счет изменения частоты вращения вентилятора ( $n$ , об/мин).

При максимальном значении частоты вращения вентилятора (2900 об/мин) наблюдается наивысшая скорость воздушного потока (7,8 м/с) при расходе 1123 м<sup>3</sup>/ч и сопротивлении 208 Па. Потребляемая мощность в этом режиме составляет 0,144 кВт. По мере снижения частоты вращения вентилятора отмечается закономерное уменьшение всех исследуемых параметров.

Таблица 2. Параметры работы пневмосистемы в зависимости от изменения частоты вращения вентилятора

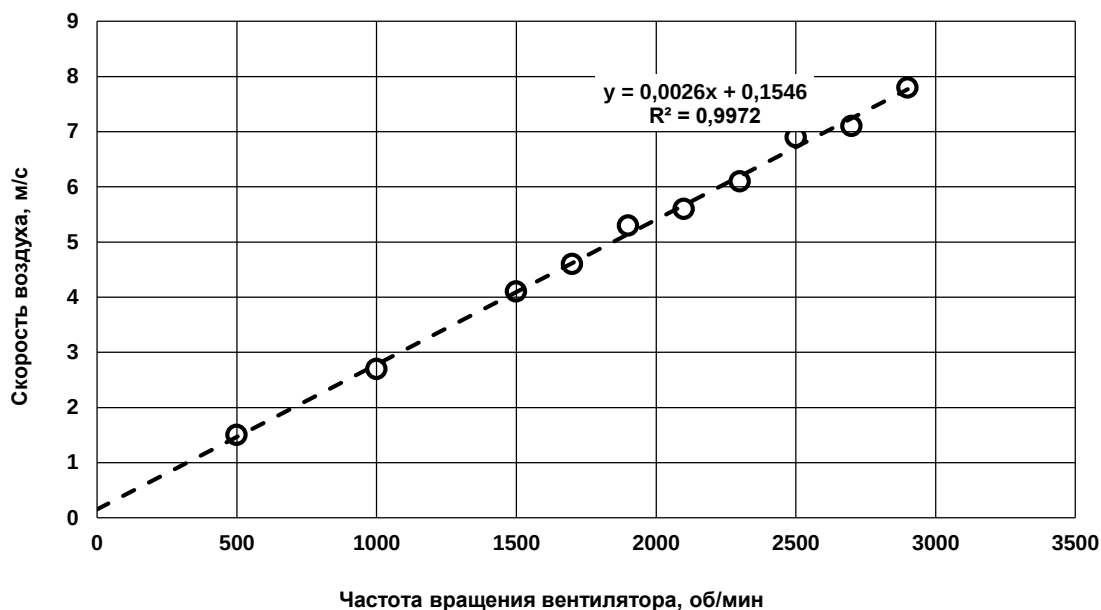
| Частота вращения вентилятора, об/мин | Скорость воздуха, м/с | Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч | Потери давления, Па | Мощность вентилятора, кВт |
|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|---------------------|---------------------------|
| 2900                                 | 7,8                   | 1123                              | 208                 | 0,144                     |
| 2700                                 | 7,1                   | 1013                              | 197                 | 0,123                     |
| 2500                                 | 6,9                   | 941                               | 170                 | 0,099                     |
| 2300                                 | 6,1                   | 861                               | 147                 | 0,078                     |
| 2100                                 | 5,6                   | 785                               | 125                 | 0,061                     |
| 1900                                 | 5,3                   | 707                               | 108                 | 0,047                     |
| 1700                                 | 4,6                   | 629                               | 89                  | 0,035                     |
| 1500                                 | 4,1                   | 551                               | 73                  | 0,025                     |

При снижении частоты до 2100 об/мин скорость потока уменьшается до 5,6 м/с, расход – до 785 м<sup>3</sup>/ч, сопротивление – до 125 Па, потребляемая мощность – до 0,061 кВт.

При минимальной исследованной частоте (1500 об/мин) зафиксированы следующие показатели:

- скорость – 4,1 м/с;
- расход – 551 м<sup>3</sup>/ч;
- сопротивление – 73 Па;
- мощность – 0,025 кВт.

Анализ результатов исследования параметров пневмосистемы показывает наличие устойчивой зависимости между частотой вращения вентилятора и основными характеристиками воздушного потока в вертикальном пневмоканале, что хорошо прослеживается на графике (рис. 2).



**Рис. 2. Зависимость скорости воздушного потока в аспирационном канале от частоты вращения вентилятора**

Анализ зависимости между параметрами показывает, что снижение частоты вращения вентилятора приводит к пропорциональному уменьшению значений всех характеристик пневмосистемы. При этом наблюдается линейная корреляция между скоростью воздушного потока и частотой вращения вентилятора, а также между расходом воздуха и частотой.

Таким образом, представленная методика регулирования скорости воздуха посредством изменения частоты вращения вентилятора демонстрирует высокую эффективность и позволяет точно настраивать параметры воздушного потока в зависимости от технологических требований при оптимальном энергопотреблении.

На основании полученных экспериментальных данных по регулированию скорости воздушного потока в аспирационном канале с помощью дроссельной заслонки можно провести комплексный анализ влияния угла ее поворота на ключевые параметры пневмосистемы. Угол изменяли от 0° (полностью открытое состояние) до 50° с шагом 10°, при этом максимальный угол закрытия составлял 75°. Площадь поперечного сечения канала в месте установки заслонки при полностью открытом положении – 280 см<sup>2</sup>.

В таблице 3 представлены результаты определения параметров пневмосистемы при регулировании скорости воздушного потока в зависимости от угла поворота дроссельной заслонки.

**Таблица 3. Параметры работы пневмосистемы в зависимости от угла поворота дроссельной заслонки**

| Угол, ° | Скорость воздуха, м/с | Расход воздуха, м³/ч | Потери давления, Па | Мощность вентилятора, кВт |
|---------|-----------------------|----------------------|---------------------|---------------------------|
| 0       | 7,7                   | 1123                 | 208                 | 0,144                     |
| 10      | 7,7                   | 1065                 | 267                 | 0,176                     |
| 20      | 7,3                   | 935                  | 434                 | 0,250                     |
| 30      | 6,3                   | 826                  | 531                 | 0,271                     |
| 40      | 5,5                   | 720                  | 630                 | 0,280                     |
| 50      | 4,1                   | 711                  | 725                 | 0,318                     |

Анализ данных таблицы 3 показывает выраженную зависимость между углом поворота заслонки и объемным расходом воздуха  $Q$ . При увеличении угла с  $0$  до  $50^\circ$  расход снижается с  $1123$  до  $711 \text{ м}^3/\text{ч}$ , что свидетельствует об эффективном дросселировании потока.

График на рисунке 3 отражает зависимости скорости воздушного потока в аспирационном канале и сопротивление пневмосистемы от угла поворота дроссельной заслонки.

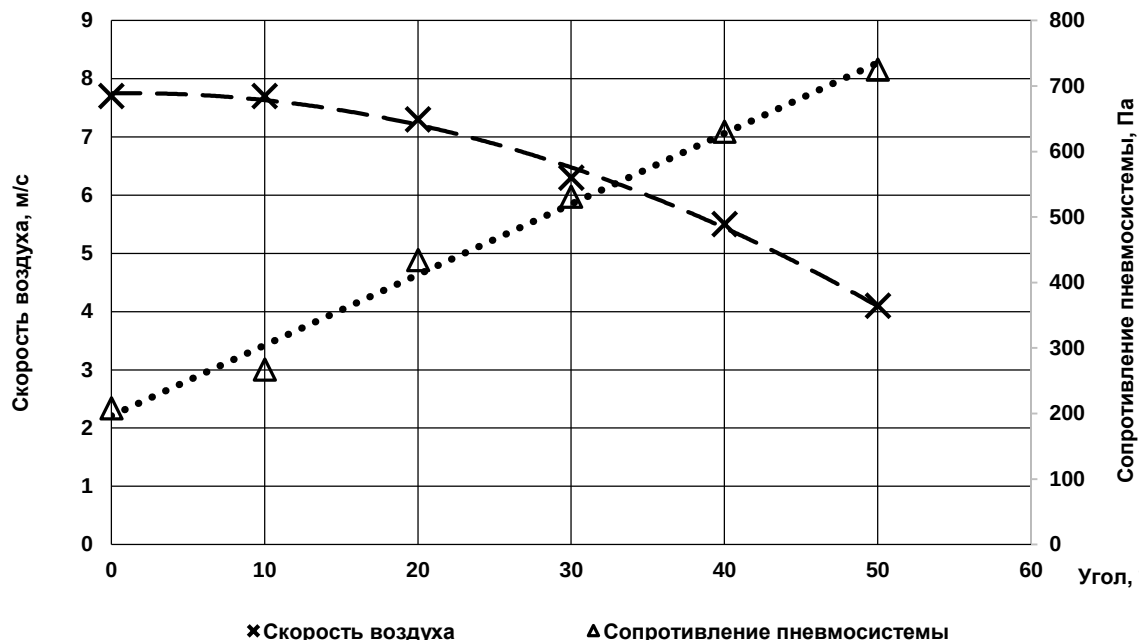


Рис. 3. Зависимости параметров работы пневмосистемы от угла поворота дроссельной заслонки

Скорость воздушного потока  $V$  постепенно уменьшается с  $7,7$  до  $4,1 \text{ м/с}$ , что согласуется с теорией гидродинамики: введение дополнительного местного сопротивления приводит к снижению скорости и расхода в системе (рис. 5). Сопротивление системы  $\Delta P$  демонстрирует устойчивый рост с увеличением угла поворота: от  $208 \text{ Па}$  при  $0^\circ$  до  $725 \text{ Па}$  при  $50^\circ$ . Такой характер изменения обусловлен увеличением гидравлических потерь, связанных с характером движения потока и сужением проходного сечения. Наиболее интенсивный прирост сопротивления наблюдается в интервале от  $10$  до  $30^\circ$ , что может быть связано с переходом режима течения или геометрией заслонки.

Мощность  $N$ , потребляемая вентилятором, возрастает с  $0,144$  до  $0,318 \text{ кВт}$ , несмотря на снижение расхода и скорости. Это объясняется тем, что мощность вентилятора пропорциональна произведению расхода на давление. Снижение расхода компенсируется значительным ростом сопротивления, что в итоге приводит к увеличению энергозатрат. Таким образом, дроссельный способ регулирования является энергетически неэффективным, поскольку полезная работа потока снижается при одновременном росте потребляемой мощности.

С точки зрения оптимальности регулирования можно заключить, что минимальное воздействие на систему (угол  $10^\circ$ ) вызывает незначительное снижение расхода при умеренном увеличении мощности. Однако при углах свыше  $20\text{--}30^\circ$  наблюдается резкое снижение энергоэффективности: при снижении расхода на  $30\%$  мощность возрастает более чем на  $80\%$ .

Таким образом, использование дроссельной заслонки как средства регулирования скорости воздушного потока сопряжено с существенным ростом сопротивления и энергопотребления, что делает данный метод целесообразным лишь в ограниченном диапазоне регулирования. Для задач, требующих широкого регулирования при сохранении энергоэффективности, данный способ нецелесообразен.

Результаты исследования по определению эффективности регулирования скорости воздушного потока за счет холостого подсоса воздуха представлены в таблице 4.

**Таблица 4. Параметры работы пневмосистемы в зависимости от площади сечения холостого подсоса воздуха  $S$**

| Площадь холостого всасывания, $\text{см}^2$ | Скорость воздуха, м/с | Расход воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$ | Потери давления, Па | Мощность вентилятора, кВт |
|---------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------|---------------------------|
| 0                                           | 7,8                   | 1123                                  | 208                 | 0,144                     |
| 16                                          | 7,3                   | 1126                                  | 202                 | 0,140                     |
| 32                                          | 6,7                   | 1143                                  | 187                 | 0,132                     |
| 48                                          | 6,4                   | 1150                                  | 176                 | 0,125                     |
| 64                                          | 6,1                   | 1154                                  | 163                 | 0,116                     |
| 80                                          | 5,7                   | 1163                                  | 158                 | 0,113                     |
| 96                                          | 5,4                   | 1169                                  | 151                 | 0,109                     |
| 112                                         | 5,3                   | 1174                                  | 147                 | 0,107                     |
| 128                                         | 4,8                   | 1184                                  | 139                 | 0,102                     |
| 144                                         | 4,5                   | 1196                                  | 130                 | 0,096                     |
| 160                                         | 4,5                   | 1198                                  | 133                 | 0,098                     |

На основании представленных экспериментальных данных по регулированию скорости воздушного потока в вертикальном пневмоканале за счет холостого подсоса воздуха проведен анализ влияния площади открытого сечения щелей на энергоэффективность и рабочие параметры системы. Управление осуществлялось плавным изменением площади всасывающего окна от 0 до  $160 \text{ см}^2$ , что соответствует изменению степени открытия от 0 до 100%.

Анализ полученных данных показывает, что с увеличением площади холостого подсоса с 0 до  $160 \text{ см}^2$  объемный расход воздуха  $Q$  возрастает с 1123 до  $1198 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Такой рост расхода, несмотря на неизменную работу вентилятора, объясняется снижением общего аэродинамического сопротивления системы за счет подключения дополнительного пути для воздуха. При этом скорость потока в основном канале  $V$  закономерно снижается с 7,8 до 4,5 м/с, поскольку часть воздушного потока перенаправляется через окно холостого подсоса, уменьшая долю воздуха, проходящего через сепарирующий канал.

Наиболее значимым результатом является изменение сопротивления системы  $\Delta P$ , которое снижается с 208 до 133 Па, и мощности  $N$ , потребляемой вентилятором, уменьшающейся с 0,144 до 0,098 кВт. Это свидетельствует о принципиально ином, по сравнению с дросселированием, механизме регулирования. Если при дросселировании мощность растет вследствие увеличения сопротивления, то при использовании холостого подсоса мощность снижается благодаря уменьшению общего сопротивления пневмосистемы. Таким образом, данный метод является энергоэффективным.

Анализ энергоэффективности методов регулирования скорости воздушного потока в пневмосепарирующем канале показывает существенные различия в их эффективности и применимости.

Сравнение показателей энергоэффективности регулировки скорости воздушного потока в аспирационном канале продемонстрировано на рисунке 4, где представлены зависимости эффективной мощности вентилятора от скорости воздуха в исследуемом пневмоканале при различных методах регулирования.

При частотном регулировании наблюдается прямая пропорциональная зависимость между частотой вращения  $n$  и скоростью воздушного потока  $V$ , что подтверждается экспериментальными данными. Математически это выражается через линейную зависимость объемного расхода от частоты вращения. При этом потребляемая мощ-

ность  $N$  изменяется по квадратичной зависимости, что отражено на рисунке 4. Такой характер изменения объясняется физическими законами аэродинамики и механики вращательного движения.

Метод частотного регулирования демонстрирует наилучшие показатели энергоэффективности. При снижении частоты вращения от 2900 до 1500 об/мин наблюдается линейное снижение потребляемой мощности с 0,144 до 0,025 кВт при соответствующем уменьшении скорости потока с 7,8 до 4,1 м/с.

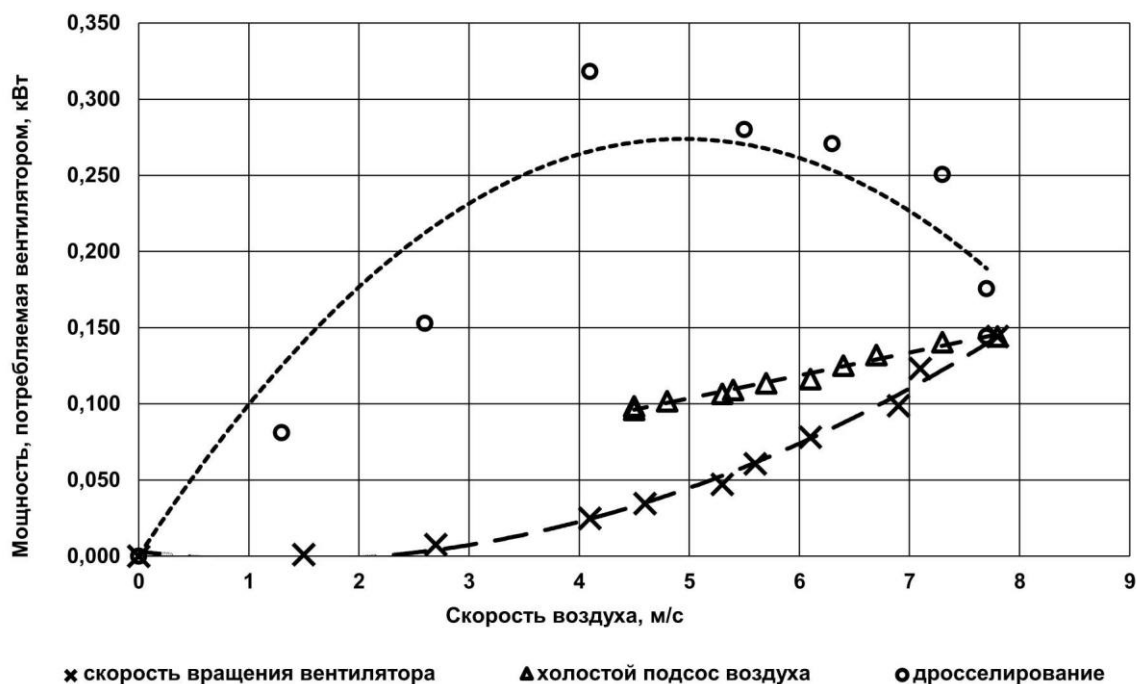


Рис. 4. Энергоэффективность способов регулирования скорости воздуха в пневмосепарирующем канале

При дроссельном регулировании отмечен более сложный характер зависимости. При изменении угла заслонки  $\alpha$  происходит нелинейное изменение параметров системы. Физическая сущность этого метода заключается в искусственном создании дополнительного сопротивления  $\Delta P$ , что приводит к росту потребляемой мощности при снижении скорости потока и увеличению потерь в системе из-за преодоления дополнительного сопротивления. Дроссельное регулирование характеризуется низкой энергоэффективностью. При увеличении угла заслонки от 0 до 50° мощность возрастает с 0,144 до 0,318 кВт, несмотря на снижение скорости потока всего на 3,6 м/с. Особенно заметен рост энергопотребления при углах более 20°, что делает метод нерациональным с точки зрения энергоэффективности.

Метод холостого подсоса основан на изменении эффективной площади всасывания. Математически это выражается через обратную зависимость между площадью подсоса и скоростью потока. Физически данный метод характеризуется снижением общего сопротивления системы. Метод холостого подсоса показывает умеренную энергоэффективность. При увеличении площади подсоса с 0 до 160 см<sup>2</sup> мощность снижается с 0,144 до 0,098 кВт при уменьшении скорости потока на 3,3 м/с. Данный метод обеспечивает относительно плавное регулирование с минимальными потерями энергии.

Диапазон и точность регулирования определяются конструктивными особенностями каждого метода. Частотное регулирование обеспечивает полный диапазон и наиболее точную настройку благодаря электронным системам управления. Дроссельное регулирование ограничено механическими возможностями перемещения заслонки, а холостой подсос – площадью сечения окна холостого подсоса и шагом перемещения регулирующей заслонки.

В заключение следует отметить, что частотное регулирование является наиболее перспективным методом с точки зрения энергоэффективности, диапазона и точности регулирования. Метод холостого подсоса может эффективно применяться для тонкой настройки параметров воздушного потока в сочетании с частотным регулированием. Дроссельное регулирование не целесообразно использовать для регулирования скорости аспирационных систем зерноочистительных машин.

При разработке системы автоматического регулирования скорости воздуха в послерешетном аспирационном канале воздушно-решетных сепараторов оптимальным решением является комбинированное применение частотного регулирования (как основного метода) и регулирование холостым подсосом (для точной настройки параметров воздушного потока).

#### Список источников

1. Бадретдинов И.Д., Мударисов С.Г. Научное обоснование и совершенствование пневматических систем сельскохозяйственных машин на основе моделирования технологического процесса // Вестник НГИЭИ. 2019. № 9(100). С. 5–16.
2. Бурков А.И., Баталова Г.А., Глушков А.Л. и др. Подготовка высококачественных семян с использованием пневмосепараторов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. № 2(57). С. 72–76. DOI: 10.30766/2072-9081.2017.57.2.72-76.
3. Бурков А.И. Разработка и совершенствование пневмосистем зерноочистительных машин: монография. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2016. 380 с.
4. Волхонов М.С., Зимин И.Б., Максимов И.И. и др. Способ управления подачей материала и воздуха в пневмосепарационный канал зерноочистительной машины // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. Т. 13, № 1(48). С. 126–131. DOI: 10.12737/article\_5afc14fbb1cbb8.74768988.
5. Гиевский А.М., Оробинский В.И., Баскаков И.В. и др. Обоснование размеров осадочных камер двухаспирационной пневмосистемы зерноочистительной машины // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2016. № 4(51). С. 87–95. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2016.4.87.
6. Гиевский А.М., Сундеев А.А., Тарасенко А.П. и др. Двухаспирационная разомкнутая пневмосистема зерноочистительной машины с секционным вентилятором: патент на полезную модель 2458749 Рос. Федерация. № 2011108855/03; заявл. 09.03.2011; опубл. 20.08.2012, Бюл. № 23. 7 с.
7. Дринча В.М. Исследование сепарации семян и разработка машинных технологий их подготовки. Воронеж: Издательство НПО «МОДЕК», 2006. 384 с.
8. Королев А.И. Совершенствование процесса очистки зернового вороха двухаспирационной системой зерноочистительных машин: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. Воронеж, 2007. 19 с.
9. Косилов Н.И., Пивень В.В. Технологические возможности модернизации и создания перспективных поточных линий для послеуборочной обработки зерна // Вестник Челябинского агроинженерного университета. 2000. Т. 31. С. 28–31.
10. Незаменимая машина на предварительной очистке. Классический очиститель PETKUS серии V15 [Электронный ресурс] // Компания PETKUS Technology GmbH. URL: <https://www.petkus.com/products/sorting/cleaners/detail/show-product/2145?cHash> (дата обращения: 06.05.2026).
11. Обзор инновационных разработок сельхозмашиностроительных предприятий в сегменте техники для очистки, погрузки и выгрузки зерна [Электронный ресурс] // Журнал «Агроинвестор», май – июнь 2025. URL: <https://www.agroinvestor.ru/tech/article/44213-aktualnaya-tehnika> (дата обращения: 06.05.2026).
12. Преобразователь частоты ELHART EMD-MINI-015T [Электронный ресурс] // Кубаньэлектропривод. URL: <https://kub-privod.ru/magazin/product/preobrazovatel-chastoty-emd> (дата обращения: 31.11.2025).
13. Сортировальные машины. Оборудование Westrup для качественной и эффективной сортировки любых зерновых культур [Электронный ресурс] // Компания Westrup. Производство оборудования по очистке зерна. URL: <https://www.westrup.com/ru/automatization> (дата обращения: 06.05.2026).
14. Тарабрин Д.С., Шебалин Е.Н., Гулевский В.А. Лабораторная установка для исследования параметров работы послерешетной воздушной очистки двухаспирационных воздушно-решетных сепараторов // Теория и практика инновационных технологий в АПК: материалы национальной научно-практической конференции (Воронеж, 24 марта – 19 мая 2026 г.). Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2026. Ч. I. С. 391–395.
15. Тарасенко А.П. Современные машины для послеуборочной обработки зерна и семян: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Механизация сельского хозяйства». Москва: Колос, 2008. 232 с.
16. Уайт Ф.М. Гидромеханика; пер. с англ. А.П. Павлова. 8-е изд. Москва: Интеллект, 2016. 752 с.

#### References

1. Badretdinov I.D., Mudarisov S.G. Scientific justification and improvement of pneumatic systems for agricultural machines based on the simulation of technological process. *Bulletin NGIEI*. 2019;9(100):5-16. (In Russ.).
2. Burkov A.I., Batalova G.A., Glushkov A.L. et al. Preparation of high-quality seeds using pneumatic separators. *Agricultural Science of Euro-North-East*. 2017;2(57):72-76. DOI: 10.30766/2072-9081.2017.57.2.72-76. (In Russ.).



3. Burkov A.I. Development and improvement of pneumatic systems of grain cleaning machines: monograph. Kirov: Agricultural Research Institute of the North-East Publishers; 2016. 380 p. (In Russ.).
4. Volkhonov M.S., Zimin I.B., Maksimov I.I. et al. The method of controlling the flow of material and air in pneumoseparation channel winnowing machine. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2018;13(1):126-131. DOI: 10.12737/article\_5afc14fbb1cbb8.74768988. (In Russ.).
5. Gievsky A.M., Orobinsky V.I., Baskakov I.V. et al. Rationale for the sizes of sedimentary chambers of a double suction pneumatic system of grain cleaning machines. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2016;4(51):87-95. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2016.4.87. (In Russ.).
6. Gievsky A.M., Sundeev A.A., Tarasenko A.P. et al. Two-air open-air pneumatic system of a grain cleaning machine with a sectional fan: Utility Model Patent 2458749 Russian Federation. No. 2011108855/03; claimed 09.03.2011; published 20.08.2012, Bul. No. 23. 7 p. (In Russ.).
7. Drincha V.M. Grain cleaning and technology hardware for seeds preparation. Voronezh: MODEK Publishing House; 2006. 384 p. (In Russ.).
8. Korolev A.I. Improving the process of cleaning grain piles with a two-air system of grain cleaning machines: Author's Abstract of Candidate Dissertation in Engineering Sciences: 05.20.01. Voronezh; 2007. 19 p. (In Russ.).
9. Kosilov N.I., Piven V.V. Technological possibilities of modernization and creation of promising production lines for post-harvest grain processing. *Bulletin of Chelyabinsk State Agroengineering University*. 2000;31:28-31. (In Russ.).
10. Essential for Pre-Cleaning. The classic PETKUS cleaner V15. PETKUS Technologie GmbH Website. URL: <https://www.petkus.com/products/sorting/cleaners/detail/show-product/2145?cHash>. (In Russ.).
11. Review of innovative developments of agricultural machinery enterprises in the segment of equipment for cleaning, loading and unloading grain. *Agroinvestor Magazine*. May – June 2025. URL: <https://www.agroinvestor.ru/tech/article/44213-aktualnaya-tehnika>. (In Russ.).
12. Frequency converter ELHART EMD-MINI-015T Kubanelectrodrivod. URL: <https://kub-privod.ru/magazin/product/preobrazovatel-chastoty-emd>. (In Russ.).
13. Sorting machines. Westrup equipment for high-quality and efficient sorting of any grain crop. Westrup Company Website. Production of grain cleaning equipment. URL: <https://www.westrup.com/ru/automatization>. (In Russ.).
14. Tarabrin D.S., Shebalin E.N., Gulevsky V.A. Laboratory installation for studying the parameters of the operation of post-flight air purification of two-air sieve separators. In: Theory and Practice of Innovative Technologies in Agro-Industrial Complex: Proceedings of the National Research-to-Practice Conference (Voronezh, March 24 - May 19, 2026). Voronezh: Voronezh State Agrarian University Publishers. 2026;1:391-395. (In Russ.).
15. Tarasenko A.P. Modern machines for post-harvest processing of grain and seeds: a textbook for students of higher educational institutions majoring in Agricultural Mechanization. Moscow: Kolos Publishers; 2008. 232 p. (In Russ.).
16. White F.M. Fluid Mechanics; translated from English by A.P. Pavlov. 8th edition. Moscow: Intellect Publishers; 2016. 752 p. (In Russ.).

#### **Информация об авторах**

Д.С. Тарабрин – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, зав. лабораторией механизации защиты растений ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений», [tarabrinds@ya.ru](mailto:tarabrinds@ya.ru).

В.А. Гулевский – доктор технических наук, профессор кафедры математики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [gulevsky\\_va@inbox.ru](mailto:gulevsky_va@inbox.ru).

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

С.Н. Савушкин – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории механизации защиты растений ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений», [savushkin1365@mail.ru](mailto:savushkin1365@mail.ru).

#### **Information about the authors**

D.S. Tarabrin, Candidate of Engineering Sciences, Senior Research Scientist, Head of the Plant Protection Mechanization Laboratory, All-Russian Research Institute of Plant Protection, [tarabrinds@ya.ru](mailto:tarabrinds@ya.ru).

V.A. Gulevsky, Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Mathematics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [gulevsky\\_va@inbox.ru](mailto:gulevsky_va@inbox.ru).

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

S.N. Savushkin, Candidate of Engineering Sciences, Leading Research Scientist, Plant Protection Mechanization Laboratory, All-Russian Research Institute of Plant Protection, [savushkin1365@mail.ru](mailto:savushkin1365@mail.ru).

**Статья поступила в редакцию 15.05.2026; одобрена после рецензирования 19.06.2026; принята к публикации 23.06.2026.**

**The article was submitted 15.05.2026; approved after reviewing 19.06.2026; accepted for publication 23.06.2026.**

© Тарабрин Д.С., Гулевский В.А., Оробинский В.И., Савушкин С.Н., 2026

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

Научная статья

УДК 631.3: 631.348.6

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2026\_2\_90

EDN: JWXTIM

### Разработка мобильной роботизированной системы для высокоточного лазерного уничтожения сорных растений с использованием нейросетевого анализа и гальванометрического сканирования

Артём Сергеевич Угловский<sup>1✉</sup>, Александр Анатольевич Белов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ярославский государственный аграрный университет, Ярославль, Россия

<sup>2</sup> Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия

<sup>1</sup> a.uglovskii@yarcx.ru✉

**Аннотация.** Борьба с сорными растениями является одной из ключевых задач в современном сельском хозяйстве. Традиционные химические методы, несмотря на свою эффективность, наносят вред окружающей среде и могут приводить к развитию резистентности у сорных растений. Представлена архитектура мобильной роботизированной системы, предназначенной для высокоточного термического уничтожения сорняков путем лазерного воздействия на их апикальную меристему. Предложенная система объединяет автономную колесную платформу, мультиспектральную камеру (RGB+NIR) для сбора данных и анализа вегетационных индексов, а также нейросетевую модель YOLO-Agri для точного распознавания. Ключевым исполнительным элементом является мощный диодный лазер (40 Вт, 450 нм), сопряженный с высокоскоростной системой позиционирования луча на основе гальванометрического сканера. Для прецизионного управления зеркалами сканера разработана специализированная печатная плата с двойным H-мостом, которая является центральным элементом системы наведения. Приводится описание трехуровневой архитектуры управления на базе NVIDIA Jetson, Raspberry Pi и Arduino, отвечающей соответственно за зрение, планирование и низкоуровневое управление. Проведенные теоретический анализ и моделирование подтверждают высокий потенциал авторской конфигурации. Установлено, что использование гальванометрического сканера обеспечивает время наведения на цель менее 20 мс с точностью позиционирования до 1,5 мм. Выбранные параметры – мощность 40 Вт и диаметр пятна 5 мм – определены как сбалансированный компромисс, позволяющий достичь необходимого времени облучения одной цели (около 258 мс) для ее необратимого повреждения. Ожидаемые показатели эффективности комплекса включают точность обнаружения сорных растений свыше 97% и общую скорость обработки, достигающую четырех сорных растений в секунду, что значительно превосходит существующие системы с механическим наведением.

**Ключевые слова:** сорные растения, лазерная прополка, точное земледелие, робототехника, компьютерное зрение, H-мост, гальванометрический сканер

**Для цитирования:** Угловский А.С., Белов А.А. Разработка мобильной роботизированной системы для высокоточного лазерного уничтожения сорных растений с использованием нейросетевого анализа и гальванометрического сканирования // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, № 2(89). С. 90–101. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_90-101](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_90-101).

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

Original article

### Development of a mobile robotic system for high-precision laser weed destroying using neural network analysis and galvanometric scanning

Artem S. Uglovskii<sup>1✉</sup>, Aleksandr A. Belov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Yaroslavl State Agrarian University, Yaroslavl, Russia

<sup>2</sup> Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia

<sup>1</sup> a.uglovskii@yarcx.ru✉

**Abstract.** Weed control is a key challenge in modern agriculture. Traditional chemical methods, while effective, are harmful to the environment and can lead to the occurrence of resistance in weeds. The authors present the architecture of a mobile robotic system designed for high-precision thermal weed control by laser beams on their apical meristems. The proposed system integrates an autonomous wheeled platform, a multispectral camera (RGB+NIR) for data collection and vegetation index analysis, and the YOLO-Agri neural network model for precise recognition. The key actuator is a powerful diode laser (40 W, 450 nm), coupled to a high-speed beam positioning system based on a galvanometric scanner. A specialized printed circuit board with a dual H-bridge, which serves as the central element of the guidance system, was developed for precise control of the scanner mirrors. The authors also describe a three-tier control architecture based on NVIDIA Jetson, Raspberry Pi, and Arduino, responsible for vision, planning, and low-level control, respectively. Theoretical analysis and simulation confirm the high potential of the proposed configuration. It was found that the use of a galvanometric scanner provides a target acquisition time of less than 20 ms with a positioning accuracy of up to 1.5 mm. The selected parameters, i.e. 40 W power and a spot diameter of 5 mm, were determined to be a balanced compromise, achieving the required target exposure time (approximately 258 ms) for irreversible lesion. The expected performance indicators of the system include weed detection accuracy of over 97% and an overall processing speed of up to four weeds per second, significantly exceeding existing systems with mechanical guidance.

**Keywords:** weed vegetation, laser hoeing of weeds, precision agriculture, robotics, computer vision, H-bridge, galvanometric scanner

**For citation:** Uglovskii A.S., Belov A.A. Development of a mobile robotic system for high-precision laser weed destroying using neural network analysis and galvanometric scanning. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(2):90-101. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_90-101](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_90-101).

**Введение**  
Необходимым условием для удовлетворения продовольственной потребности населения России в современных условиях является интенсификация сельского хозяйства. Однако ускоренное и расширенное развитие аграрного производства может стать и катастрофическим по своим последствиям процессом для мировой экосистемы, что связано с нехваткой водных ресурсов, потерей посевных площадей из-за эрозии почвы, снижением общего плодородия сельскохозяйственных угодий, а также с угрозой биологическому разнообразию видов вследствие постоянного применения удобрений и химических средств защиты растений.

Одной из главных причин снижения урожайности и качества растениеводческой продукции является засоренность полей. Увеличение плотности размещения сорного компонента на единице площади влечет за собой сокращение площади питания полевых культур, конкуренцию за факторы жизни, что в комплексе снижает уровень культуры земледелия и продуктивность посевов. Применение химических средств, являющееся доминирующим методом борьбы, связано с рядом недостатков (загрязнение почвы и грунтовых вод, вред для биоразнообразия и рост числа устойчивых к гербицидам видов сорных растений) [2].

Альтернативой выступают физические методы борьбы, среди которых лазерная прополка выделяется своей высокой точностью и экологичностью. Принцип метода заключается в точечном термическом воздействии на апикальную меристему (точку роста) сорного растения, что приводит к его необратимому повреждению и гибели, не затрагивая при этом культурные растения и не нарушая структуру почвы.

Созданию как стационарных, так и мобильных систем лазерной прополки посвящен ряд исследований. Например, в работе Y. Wang с соавт. [12] предложена статическая система на основе улучшенной модели YOLOv8 и слияния изображений видимого и инфракрасного спектров для повышения точности обнаружения [15]. В свою очередь, С. Mwitta с соавт. [8] разработали автономный мобильный робот, использу-

ющий глубокое облучение и визуальное сервоуправление, предназначенный для работ на полях при выращивании хлопка.

Помимо академических исследований, активно ведутся работы по практической реализации коммерческих решений. Так, компания Laudando & Associates LLC представила модульную систему L&Aser [7], которая использует собственные ИИ-алгоритмы AgSeption для отслеживания целей и управления лазером. Разработчики заявляют о сверхнизком времени воздействия (порядка 100 мс) и мультимодальном подходе, сочетающем тепловое и фотохимическое (световое) повреждение сорных растений.

Несмотря на достигнутые успехи, остаются нерешенными задачи повышения скорости работы, точности наведения в динамических условиях и надежности системы в целом. Цель представленных исследований заключалась в разработке архитектуры мобильного роботизированного комплекса, который решает эти проблемы за счет синергии передовой нейросетевой детекции и высокоскоростной системы наведения лазера на основе гальванометра, управляемого специализированной электронной схемой.

### **Материалы и методы**

Для проведения теоретических расчетов, анализа зависимостей и построения графиков, иллюстрирующих производительность системы, использовалась среда численного моделирования MATLAB.

Предлагаемый роботизированный комплекс состоит из трех основных подсистем, интегрированных на мобильной колесной платформе (рис. 1).

Подсистема восприятия и сенсорики включает мультиспектральную камеру и бортовой вычислитель для анализа изображений.

Исполнительная лазерная подсистема состоит из диодного лазера, гальванометрического сканера для наведения луча и драйвера сканера.

Бортовой вычислительный кластер объединяет платы NVIDIA Jetson и Raspberry Pi и плату Arduino для управления всеми компонентами.

Верхний уровень (NVIDIA Jetson) представляет собой высокопроизводительный модуль, получающий поток изображений от камеры, единственной задачей которого является высокоуровневая обработка поступающей информации с помощью нейросетевых моделей (CV). Он анализирует изображения, обнаруживает сорные растения и передает их точные координаты  $[x, y, class]$  на следующий уровень.

Средний уровень (Raspberry Pi) получает координаты целей от Jetson и навигационные данные от сенсоров. Его функция – логика и планирование. На этом уровне решается, в какой последовательности следует уничтожать цели, формируются общие команды управления (цель, движение) и отправляются на нижний уровень, а также напрямую подается простой сигнал активации лазера.

Нижний уровень (Arduino) получает команды от Raspberry Pi и преобразует их в низкоуровневые физические сигналы, которые могут понять исполнительные механизмы. На этом уровне генерируются точные аналоговые/ШИМ-сигналы для управления зеркалами гальванометра и ШИМ-сигналы для управления скоростью вращения двигателей шасси.

Подсистема мобильности обеспечивает перемещение по полю, в то время как система зрения непрерывно сканирует поверхность почвы, обнаруживая сорные растения. После обнаружения цели ее координаты передаются в систему управления, которая наводит лазер и производит кратковременное облучение.

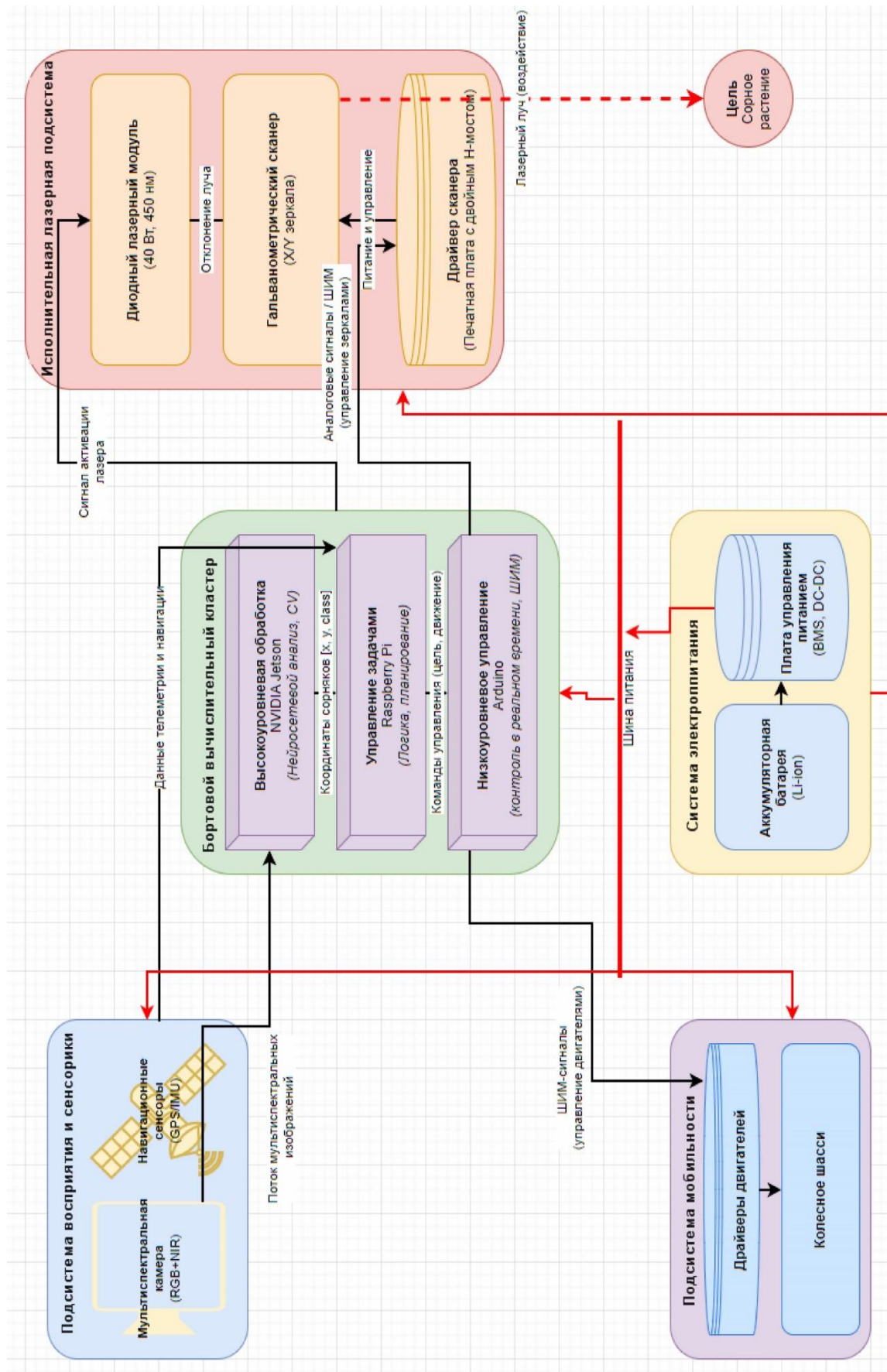


Рис. 1. Блок-схема архитектуры роботизированной системы

*Подсистема восприятия и сенсорики*

Для надежного распознавания сорных растений в различных условиях освещенности и на разных стадиях вегетации предлагается использовать мультиспектральную камеру, регистрирующую изображения в видимом (RGB) и ближнем инфракрасном (NIR) диапазонах, с помощью которой анализируют не только форму, но и вегетационный индекс (например, NDVI), что значительно повышает контрастность между культурными растениями и сорными растениями [1, 3, 4, 11].

В качестве модели детекции предлагается использовать архитектуру YOLO-Agri, основанную на принципах YOLOv9, но с добавлением внимания для обработки мультиспектральных данных. Обучение модели планируется проводить на собственном наборе данных, включающем не менее 50 000 изображений сорных растений, произрастающих в различных агроклиматических зонах.

Навигационные сенсоры (GPS/IMU) отвечают за позиционирование и ориентацию робота в пространстве. GPS предоставляет глобальные координаты, а инерциальный измерительный модуль (IMU) отслеживает перемещения и повороты [5].

*Исполнительная лазерная подсистема*

Основным элементом, определяющим скорость и точность работы, является исполнительный механизм, который включает диодный лазерный модуль и гальванометрический сканер.

Промышленный диодный лазер имеет мощность 40 Вт и длину волны 450 нм (синий свет). Данная длина волны эффективно поглощается хлорофиллом и другими растительными пигментами, обеспечивая быстрый локальный нагрев тканей.

Двухосевой гальванометрический сканер состоит из двух миниатюрных зеркал, каждое из которых приводится в движение высокоточным двигателем. Изменяя угол наклона зеркал, можно практически мгновенно направить лазерный луч в любую точку рабочей области (например,  $50 \times 50$  см).

*Электрическая схема управления гальванометрическим сканером*

Для управления двигателями гальванометрического сканера была разработана принципиальная электрическая схема (рис. 2), основанная на двойной H-мостовой схеме. В качестве проектирования электрической схемы была выбрана среда проектирования KiCad.

H-мост – электронная схема, которая изменяет полярность напряжения, подаваемого на нагрузку, в данном случае – на обмотки двигателей гальванометров.

Разработанная плата содержит два независимых H-моста, по одному для каждого двигателя (оси X и Y).

Компонент U3 (сдвоенный операционный усилитель TL072CDT) выполняет ключевую функцию в цепи управления гальванометрами и работает как двойной активный фильтр нижних частот (ФНЧ). На его входы поступают управляющие ШИМ-сигналы (PWM1 и PWM2) с цифровых выходов микроконтроллера (U1).

Для реализации замкнутого контура управления используются сигналы обратной связи от датчиков положения гальванометров. Аналоговые сигналы с этих датчиков (на рисунке 2 обозначены как ENC\_A и ENC\_B на разъеме J5) поступают напрямую на аналоговые входы A0 и A1 модуля Arduino (на рисунке 2 обозначен как U1). Подавая ШИМ-сигнал на соответствующие входы H-моста, Arduino регулирует среднее напряжение на двигателе и, как следствие, скорость и угол его поворота. Комбинация сигналов на входах H-моста определяет направление вращения.

Для агрегата с шириной захвата 2 метра требуется 4 лазерных модуля (каждый включает лазер, гальванометрический сканер), установленных в ряд, чтобы покрыть всю ширину по мере движения платформы.

Данная система достигает высокой скорости (рад/с) и точности (мрад) позиционирования зеркал, что обеспечивает наведение лазерного луча на цель за время, не превышающее 10–20 мс.



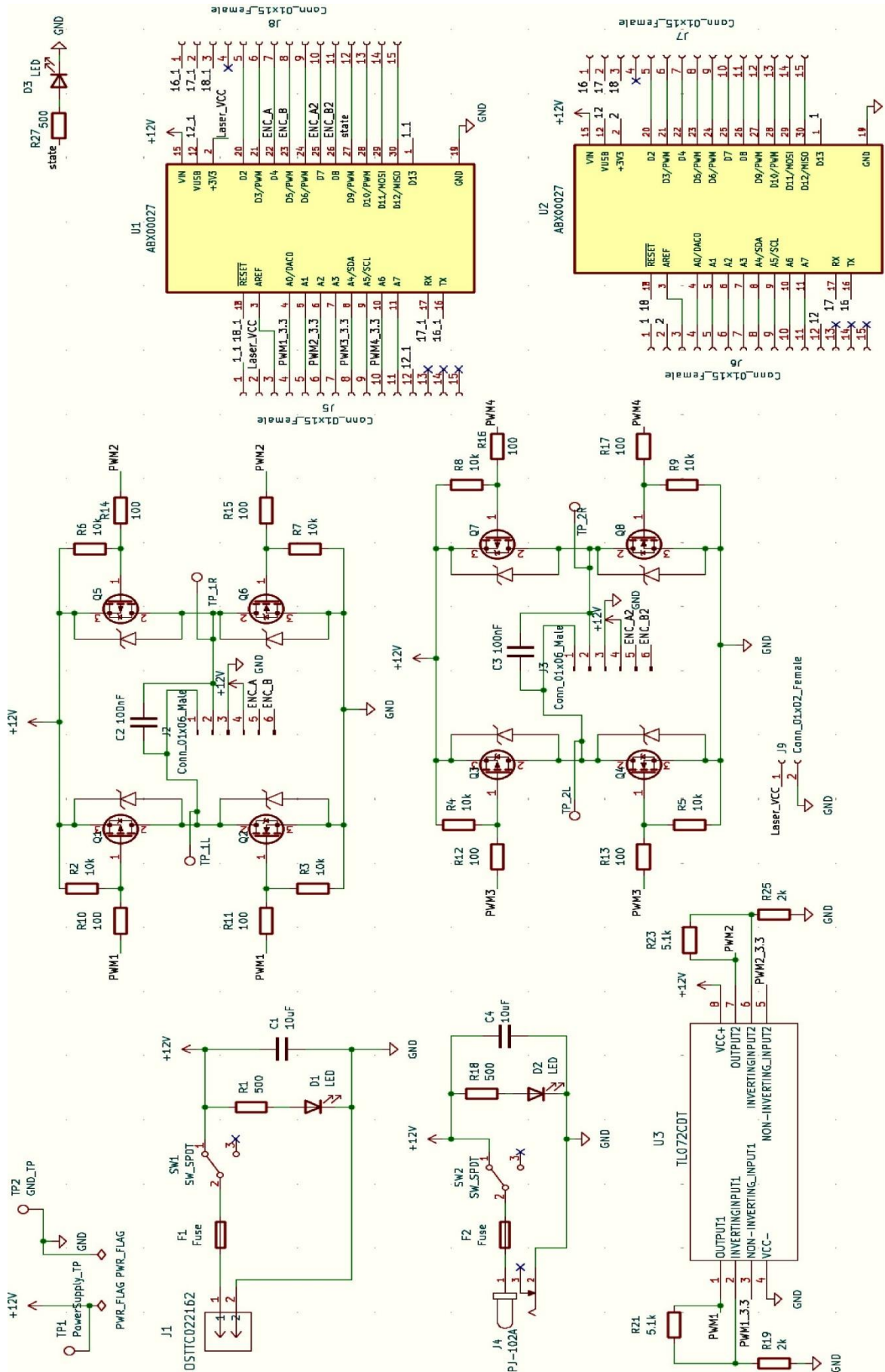


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема платы управления на основе двойного H-моста

Учитывая, что основным параметром является пороговая (или губительная) плотность энергии  $E_d$  (Дж/м<sup>2</sup>), которую необходимо доставить к апикальной меристеме сорного растения для его необратимого повреждения [6, 14], а основным поглотителем энергии в растительной ткани является вода, для оценки можно использовать уравнение теплового баланса, ориентируясь на нагрев воды в ткани до температуры денатурации белков ( $T_{кр} \approx 60\text{--}80$  °С). Данная формула определяет минимальную энергию на единицу площади, необходимую для достижения губительного действия:

$$E_d = c \cdot \rho \cdot h \cdot (T_{кр} - T_{нач}) \cdot \frac{1}{\alpha(\lambda)}, \quad (1)$$

где  $c$  – удельная теплоемкость растительной ткани, которую можно принять близкой к теплоемкости воды,  $\approx 4200$  Дж/(кг·°С);

$\rho$  – плотность ткани ( $\approx 1000$  кг/м<sup>3</sup>);

$h$  – эффективная глубина проникновения тепла, необходимая для разрушения меристемы, м; зависит от вида и возраста сорного растения (0,001–0,003 м);

$T_{кр}$  – критическая температура, при которой происходит необратимое повреждение клеток, °С;

$T_{нач}$  – начальная температура окружающей среды и ткани, °С;

$\alpha(\lambda)$  – безразмерный коэффициент поглощения излучения тканью, который зависит от длины волны лазера  $\lambda$ ; для синего лазера (450 нм), хорошо поглощаемого хлорофиллом, коэффициент будет находиться в диапазоне 0,7–0,9.

1. Связь мощности лазера, времени облучения и размера пятна

Плотность энергии напрямую связана с мощностью лазера ( $P$ ), временем облучения ( $t$ ) и площадью лазерного пятна ( $A_s$ ).

Время облучения

$$t = \frac{E_d \cdot A_s}{P} = \frac{E_d \cdot A_s}{P} = \frac{E_d \cdot \pi \cdot \left(\frac{d_s}{2}\right)^2}{P}, \quad (2)$$

где  $P$  – мощность лазера, Вт;

$t$  – необходимое время облучения, с;

$A_s$  – площадь лазерного пятна, м<sup>2</sup>;

$d_s$  – диаметр лазерного пятна, м.

Данная зависимость показывает, что для уменьшения времени обработки (увеличения производительности) при заданной губительной дозе энергии необходимо либо увеличивать мощность лазера, либо уменьшать диаметр пятна. Однако слишком малый диаметр усложняет наведение, поэтому здесь важен компромисс.

2. Эффективная площадь поражения с учетом гауссова распределения

Лазерный луч редко имеет равномерное распределение энергии. Чаще всего оно близко к гауссову, и означает, что плотность энергии максимальна в центре пятна и спадает к краям. Таким образом, губительная доза  $E_d$  будет достигнута не по всей площади пятна, а только в его центральной части.

Радиус эффективной зоны поражения

$$r_{эфф} = \omega_0 \sqrt{\frac{1}{2} \ln \left( \frac{E_{пик}}{E_d} \right)}, \quad (3)$$

где  $r_{эфф}$  – радиус эффективной зоны, где плотность энергии превышает пороговую  $E_d$ , м;

$\omega_0$  – радиус лазерного луча на уровне  $1/e^2$  от максимальной интенсивности (параметр гауссова пучка);

$E_{пик}$  – пиковая плотность энергии в центре лазерного пятна, Дж/м<sup>2</sup>.



Пиковая плотность энергии рассчитывается как

$$E_{\text{пик}} = \frac{2 \cdot P \cdot t}{\pi \cdot \omega_0^2}. \quad (4)$$

Данная формула важна для точного прицеливания. Система должна навести центр луча на меристему сорного растения так, чтобы точка роста гарантированно попала в радиус  $r_{\text{эфф}}$ .

### 3. Комплексный показатель производительности системы

Общую производительность системы ( $Q$ ) можно определить по формуле (5), которая учитывает как время на уничтожение одного сорного растения, так и время на наведение и распознавание. Производительность роботизированной системы

$$Q = \frac{1}{t_{\text{обн}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{обл}}}, \quad (5)$$

где  $Q$  – производительность системы, сорных растений в секунду;

$t_{\text{обн}}$  – время, необходимое системе компьютерного зрения для обнаружения сорного растения и расчета его координат, с;

$t_{\text{пер}}$  – время, затрачиваемое гальванометрическим сканером на перемещение зеркал для наведения луча на цель, с;

$t_{\text{обл}}$  – время облучения лазером, рассчитанное по формуле (2), с.

Чтобы повысить производительность ( $Q$ ), нужно не только использовать мощный лазер для сокращения  $t_{\text{обл}}$ , но и применять быстрые алгоритмы распознавания ( $t_{\text{обн}}$ ) и высокоскоростную механику наведения ( $t_{\text{пер}}$ ). Предложенная система с гальванометрическим сканером и платой на Н-мостах нацелена на минимизацию  $t_{\text{пер}}$ .

В таблице представлены основные параметры аппаратных компонентов, составляющих основу предлагаемого роботизированного комплекса.

**Расчетные технические характеристики роботизированной системы**

| Компонент           | Параметр                             | Предлагаемое значение                 | Обоснование                                                              |
|---------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Лазерный модуль     | Тип лазера                           | Диодный (Blue Laser Diode)            | Высокий КПД, компактность, эффективное поглощение хлорофиллом            |
|                     | Мощность ( $P$ )                     | 40 Вт                                 | Оптимальное соотношение скорости воздействия и энергопотребления         |
|                     | Длина волны ( $\lambda$ )            | 450 нм                                | Пик поглощения растительными пигментами, высокая эффективность           |
| Система наведения   | Тип                                  | Двухосевой гальванометрический сканер | Сверхвысокая скорость наведения по сравнению с механическим перемещением |
|                     | Управление                           | Двойной Н-мост с ШИМ-управлением      | Обеспечивает точное и быстрое позиционирование зеркал                    |
|                     | Время наведения ( $t_{\text{пер}}$ ) | < 20 мс                               | Позволяет минимизировать задержки между обработкой сорных растений       |
| Система зрения      | Камера                               | Мультиспектральная (RGB + NIR)        | Повышение точности распознавания за счет анализа NDVI                    |
|                     | Алгоритм детекции                    | YOLO-Agri (кастомизированный YOLOv9)  | Высокая скорость и точность обнаружения объектов                         |
|                     | Вычислитель                          | NVIDIA Jetson AGX Orin                | Аппаратное ускорение для работы нейросети в реальном времени             |
| Мобильная платформа | Тип шасси                            | Колесное                              | Высокая проходимость и устойчивость на различных типах почв              |
|                     | Скорость движения                    | 0,5 м/с                               | Соответствует скорости сканирования и обработки                          |
|                     | Время облучения                      | 258 мс                                |                                                                          |

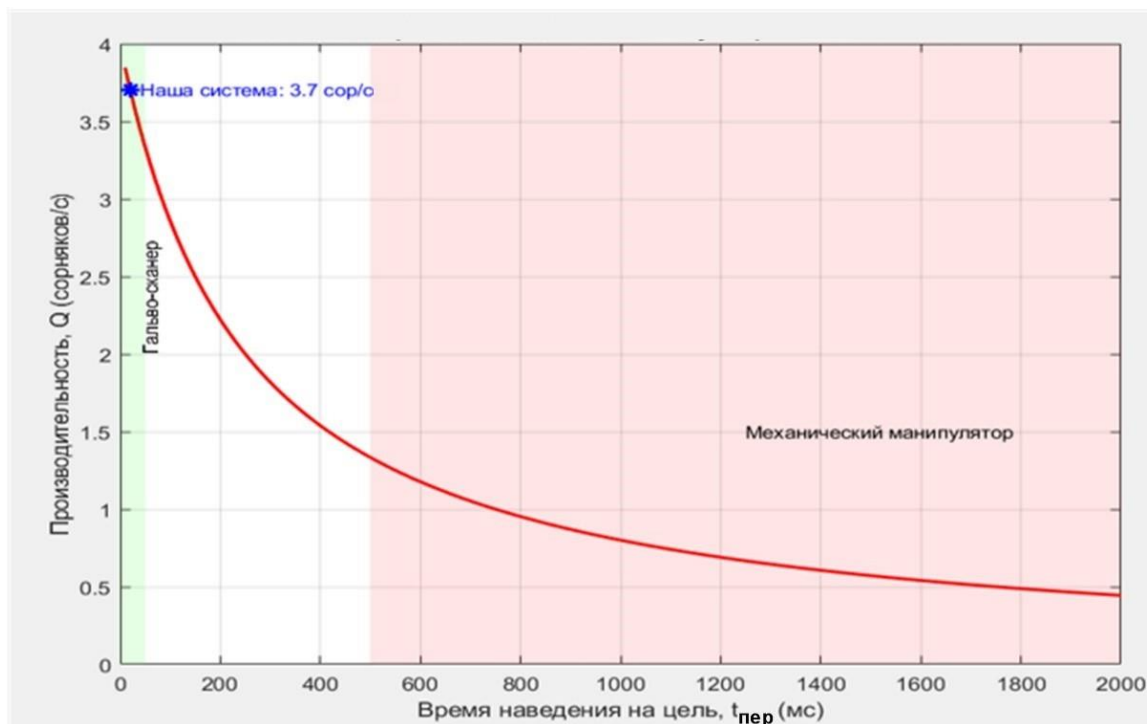
### Результаты и их обсуждение

Применение предложенной архитектуры позволит создать высокоэффективный роботизированный комплекс для автономной прополки. Ожидаемые ключевые показатели производительности:

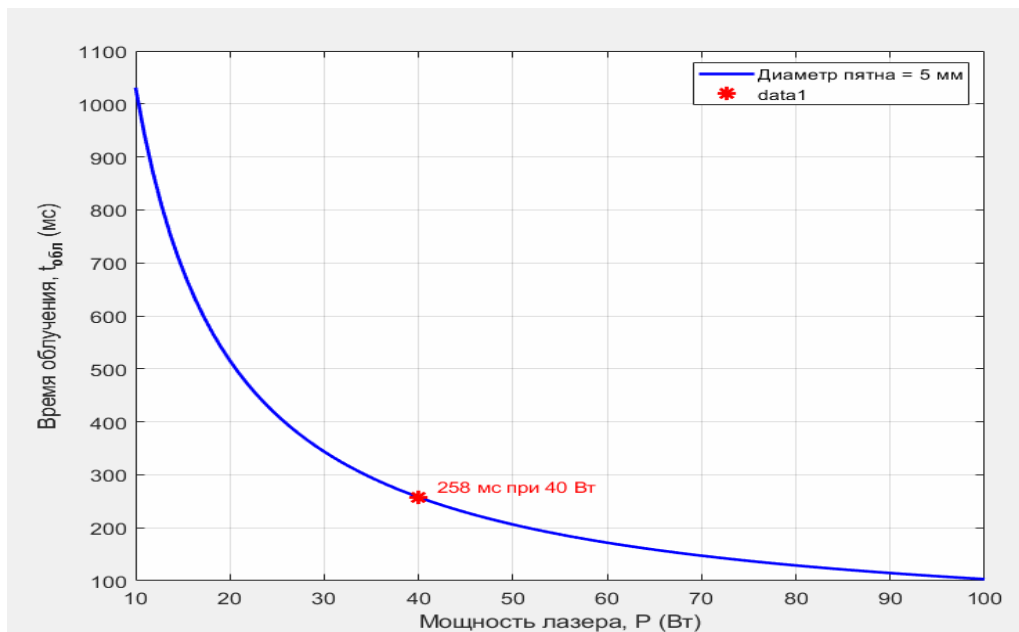
- точность обнаружения сорных растений составляет не менее 97% благодаря использованию мультиспектральных данных и современной нейросетевой архитектуры;
- точность наведения лазера. Отклонение от центра цели не более 1,5 мм, что обеспечивается прецизионным гальванометрическим сканером;
- скорость работы. Обработка до 3–5 сорных растений в секунду, что значительно превосходит системы с механическим перемещением лазерной головки;
- эффективность уничтожения. Гибель более 95% обработанных сорных растений на ранних стадиях вегетации (2–4 листа) при времени облучения 100–250 мс.

По сравнению с системами, описанными в [9, 10, 13], предложенное решение имеет два ключевых преимущества. Во-первых, гальванометрический сканер позволяет работать намного быстрее, ему не нужно перемещать всю роботизированную руку или платформу для прицеливания, так как он просто наводит луч с помощью зеркал, что занимает доли секунды. Во-вторых, мультиспектральная система зрения повышает надежность обнаружения сорных растений в сложных полевых условиях, снижая риск ложных срабатываний и пропусков.

График на рисунке 3 разделен на несколько областей. Зеленая область демонстрирует высокую производительность, достигаемую при использовании гальванометрического сканера с малым временем наведения ( $< 20$  мс). Красная область иллюстрирует резкое падение производительности, характерное для систем с медленным механическим наведением (например, роботизированный манипулятор). Звездочкой отмечена расчетная производительность предлагаемой системы.



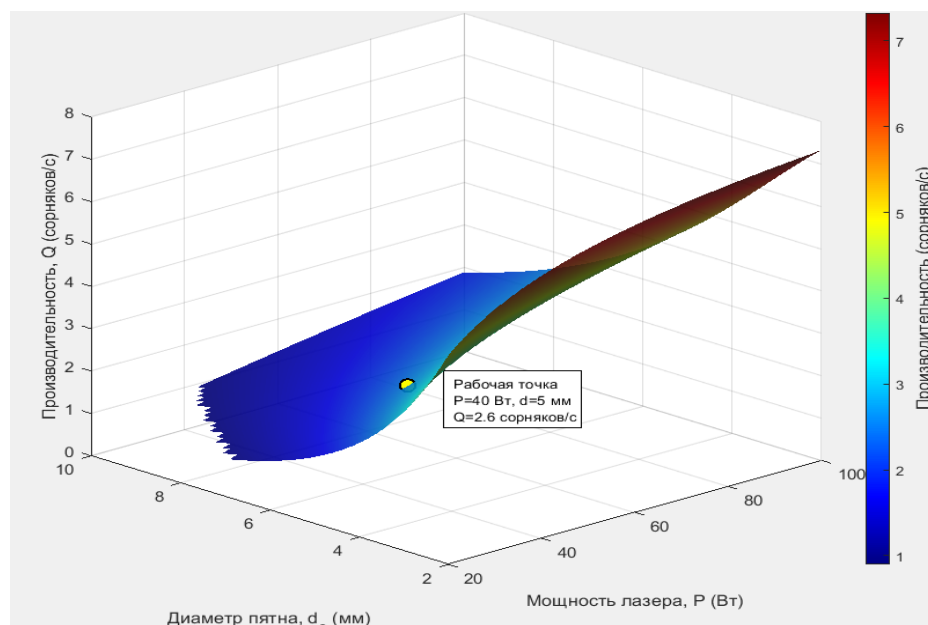
а



б

**Рис. 3. Зависимость производительности системы от основных параметров:**  
 а – влияние скорости наведения на общую производительность;  
 б – зависимость времени облучения от мощности лазера

На рисунке 4 показана гиперболическая зависимость необходимого времени облучения ( $t_{\text{obl}}$ ) от мощности лазера ( $P$ ) при фиксированном диаметре пятна 5 мм. С увеличением мощности время, требуемое для необратимого повреждения сорного растения, значительно сокращается. Звездочкой отмечена рабочая точка проектируемой системы, у которой время облучения для достижения губительного действия составляет около 258 мс при мощности 40 Вт.



**Рис. 4. Зависимость производительности системы ( $Q$ ) от параметров лазера**

Анализ поверхности показывает, что максимальная производительность достигается в области высоких мощностей и малых диаметров пятна. Однако слишком малый диаметр ( $< 3$  мм) может быть непрактичным из-за высоких требований к точности наведения. С другой стороны, увеличение диаметра пятна ( $> 7-8$  мм) резко снижает

плотность энергии, что приводит к экспоненциальному росту времени облучения и падению производительности до неприемлемых значений.

Выбранная рабочая точка (40 Вт, 5 мм) представляет собой сбалансированный компромисс: она обеспечивает высокую производительность (около четырех сорных растений/с), находясь при этом на безопасном удалении от «обрыва неэффективности» и не предъявляя чрезмерных требований к мощности лазера.

### Выводы

Описано устройство мобильного робота для лазерной прополки. Особенность предложенной системы заключается в совместной работе автономной платформы, нейросети для анализа мультиспектральных изображений и высокоскоростного гальванометрического сканера для наведения лазера.

Отдельное внимание уделено системе управления сканером. Для нее была разработана оригинальная электронная схема на базе двойного Н-моста, которая и обеспечивает необходимую скорость и точность позиционирования луча. Проведенный теоретический анализ и моделирование показывают высокий потенциал предложенной системы. Основным преимуществом является использование гальванометрического сканера, который обеспечивает время наведения на цель менее 20 мс и достигает расчетной производительности до четырех сорных растений в секунду, что гораздо быстрее, чем традиционные системы с механическим перемещением. Выбранные параметры лазерного модуля – мощность 40 Вт и диаметр пятна 5 мм – представляют собой сбалансированный компромисс, позволяющий добиться времени облучения одной цели около 258 мс при сохранении высокой общей производительности системы.

Предложенный комплекс поможет бороться с сорными растениями эффективнее. Дальнейшие исследования будут направлены на создание физического прототипа, проведение полевых испытаний и оптимизацию параметров лазерного воздействия для различных видов сорных растений.

### Список источников

1. Кафиев И.Р., Романов П.С., Романова И.П. Комплексная методика выбора наилучшего варианта робота для прополки сорняков по совокупности его характеристик // Вестник НГИЭИ. 2023. № 1(140). С. 7–22. DOI: 10.24412/2227-9407-2023-1-7-22.
2. Махмудова В.Х. Оценка потенциальных возможностей цветового различения сельскохозяйственной продукции от сорняка на фоне почвы // Вестник ИРГСХА. 2024. Т. 3, № 122. С. 32–38. DOI: 10.51215/1999-3765-2024-122-32-38.
3. Рыбаков А.В., Выборнов Н.А., Рыбаков И.А. Анализ методов компьютерного зрения, перспективных для применения в агропромышленном комплексе // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2022. № 1(57). С. 128–138.
4. Угловский А.С., Семеренко Н.Ю. Классификация болезней растений с использованием алгоритма глубокого обучения // Автоматизация. Современные технологии. 2024. Т. 78, № 8. С. 343–349. DOI: 10.36652/0869-4931-2024-78-8-343-349.
5. Шевченко А.В., Мещеряков Р.В., Мигачев А.Н. Обзор состояния мирового рынка робототехники для сельского хозяйства. Ч. 1. Беспилотная агротехника // Проблемы управления. 2019. № 5. С. 3–18. DOI: 10.25728/ru.2019.5.1.
6. Fatima H.S., ul Hassan I., Hasan S. et al. Formation of a Lightweight, Deep Learning-Based Weed Detection System for a Commercial Autonomous Laser Weeding Robot // Applied Sciences. 2023. Vol. 13(7). Article No. 3997. DOI: 10.3390/app13073997.
7. L&A's Patent-Pending L&Aser™ Module. A laser weeder for all farmers, big & small // L&Aser. URL: <https://www.laudando.com/world-s-first-laser-weeder-trimmer>.
8. Mwitta C., Rains G.C., Prosko E. Evaluation of Diode Laser Treatments to Manage Weeds in Row Crops // Agronomy. 2022. Vol. 12(11). Article No. 2681. DOI: 10.3390/agronomy12112681.
9. Rakhmatulin I., Andreasen C. A Concept of a Compact and Inexpensive Device for Controlling Weeds with Laser Beams // Agronomy. 2020. Vol. 10(10). Article No. 1616. DOI: 10.3390/agronomy10101616.
10. Rakhmatulin I., Kamilaris A., Andreasen C. Deep Neural Networks to Detect Weeds from Crops in Agricultural Environments in Real-Time: A Review // Remote Sensing. 2021. Vol. 13(21). Article No. 4486. DOI: 10.3390/rs13214486.
11. Sun J., Yang K., He X. et al. Beet seedling and weed recognition based on a convolutional neural network and multi-modality images // Multimedia Tools and Applications. 2022. Vol. 81. Pp. 5239–5258. DOI: 10.1007/s11042-021-11802-w.

12. Wang Y., Zhang X., Ma G. et al. Recognition of weeds at asparagus fields using multi-feature fusion and backpropagation neural network // *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2021. Vol. 14(2). Pp. 190–198. DOI: 10.25165/ijabe.20211402.6105.
13. Xiong Y., Ge Y., Liang Y. et al. Development of a Prototype Robot and Fast Path-Planning Algorithm for Static Laser Weeding // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2017. Vol. 142. Pp. 494–503. DOI: 10.1016/j.compag.2017.09.027.
14. Yaseen M.U., Long J.M. Laser Weeding Technology in Cropping Systems: A Comprehensive Review // *Agronomy*. 2024. Vol. 14(10). Article No. 2253. DOI: 10.3390/agronomy14102253.
15. Zhu H., Zhang Y., Mu D. et al. YOLOX-Based Blue Laser Weeding Robot in Corn Field // *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. Article No. 1017803. DOI: 10.3389/fpls.2022.1017803.

## References

1. Kafiev I.R., Romanov P.S., Romanova I.P. A comprehensive method of choosing the best work option for weeding weeds according to the totality of its characteristics. *Bulletin NGIEI*. 2023;1(140):7-22. DOI: 10.24412/2227-9407-2023-1-7-22. (In Russ.).
2. Makhmudova V.Kh. Assessment of the potential for color differentiation of agricultural produce from weeds against the soil background. *Vestnik IrGSHA*. 2024;3(122):32-38. DOI: 10.51215/1999-3765-2024-122-32-38. (In Russ.).
3. Rybakov A.V., Vybornov N.A., Rybakov I.A. Analysis of computer vision methods promising for use in the Agro-Industrial Complex. *Caspian Journal: Control and High Technologies*. 2022;1(57):128-138. (In Russ.).
4. Uglovskii A.S., Semerenko N.Yu. Classification of plant diseases using a deep learning algorithm. *Automation. Modern technologies*. 2024;78(8):343-349. DOI: 10.36652/0869-4931-2024-78-8-343-349. (In Russ.).
5. Shevchenko A.V., Meshcheryakov R.V., Migachev A.N. Review of the world market of agriculture robotics. Part 1. Unmanned Vehicles for Agriculture. *Control Sciences*. 2019;5:3-18. DOI: 10.25728/ps.2019.5.1 (In Russ.).
6. Fatima H.S., ul Hassan I., Hasan S. et al. Formation of a Lightweight, Deep Learning-Based Weed Detection System for a Commercial Autonomous Laser Weeding Robot. *Applied Sciences*. 2023;13(7):3997. DOI: 10.3390/app13073997.
7. L&A's Patent-Pending L&Aser™ Module. A laser weeder for all farmers, big & small. L&Aser Website. URL: <https://www.laudando.com/world-s-first-laser-weeder-trimmer>.
8. Mwitwa C., Rains G.C., Prostko E. Evaluation of Diode Laser Treatments to Manage Weeds in Row Crops. *Agronomy*. 2022;12(11):2681. DOI: 10.3390/agronomy12112681.
9. Rakhmatulin I., Andreassen C. A Concept of a Compact and Inexpensive Device for Controlling Weeds with Laser Beams. *Agronomy*. 2020;10(10):1616. DOI: 10.3390/agronomy10101616.
10. Rakhmatulin I., Kamilaris A., Andreassen C. Deep Neural Networks to Detect Weeds from Crops in Agricultural Environments in Real-Time: A Review. *Remote Sensing*. 2021;13(21):4486. DOI: 10.3390/rs13214486.
11. Sun J., Yang K., He X. et al. Beet seedling and weed recognition based on a convolutional neural network and multi-modality images. *Multimedia Tools and Applications*. 2022;81:5239-5258. DOI: 10.1007/s11042-021-11802-w.
12. Wang Y., Zhang X., Ma G. et al. Recognition of weeds in asparagus fields using multi-feature fusion and backpropagation neural network. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2021;14(2):190-198. DOI: 10.25165/ijabe.20211402.6105.
13. Xiong Y., Ge Y., Liang Y. et al. Development of a Prototype Robot and Fast Path-Planning Algorithm for Static Laser Weeding. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2017;142:494-503. DOI: 10.1016/j.compag.2017.09.027.
14. Yaseen M.U., Long J.M. Laser Weeding Technology in Cropping Systems: A Comprehensive Review. *Agronomy*. 2024;14(10):2253. DOI: 10.3390/agronomy14102253.
15. Zhu H., Zhang Y., Mu D. et al. YOLOX-Based Blue Laser Weeding Robot in Corn Field. *Frontiers in Plant Science*. 2022;13:1017803. DOI: 10.3389/fpls.2022.1017803.

## Информация об авторах

А.С. Угловский – кандидат технических наук, доцент кафедры электрификации ФГБОУ ВО «Ярославский государственный аграрный университет», a.uglovskii@yarcx.ru.

А.А. Белов – доктор технических наук, главный научный сотрудник лаборатории электрофизического воздействия на сельскохозяйственные объекты и материалы ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», sofronich.bel@mail.ru.

## Information about the authors

A.S. Uglovskii, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Electrification, Yaroslavl State Agrarian University, a.uglovskii@yarcx.ru.

A.A. Belov, Doctor of Engineering Sciences, Chief Researcher, Laboratory of Electrophysical Action on Agricultural Objects and Materials, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, sofronich.bel@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 25.01.2026; одобрена после рецензирования 03.03.2026; принята к публикации 20.03.2026.

The article was submitted 25.01.2026; approved after reviewing 03.03.2026; accepted for publication 20.03.2026.

© Угловский А.С., Белов А.А., 2026

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

Научная статья

УДК 632.311

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2026\_2\_102

EDN: HFYLG8

#### Основные показатели надежности электроснабжения сельских потребителей от электрических сетей железных дорог

Сергей Викторович Кириллов<sup>1</sup>, Александр Владимирович Виноградов<sup>2✉</sup>,  
Алина Васильевна Виноградова<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Проектно-конструкторское бюро по инфраструктуре – филиал ОАО «Российские железные дороги», Москва, Россия; Мичуринский государственный аграрный университет, Мичуринск, Россия

<sup>2,3</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия, info@rgau-msha.ru

<sup>2,3</sup> Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, Орел, Россия

<sup>3</sup> Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия.

<sup>2</sup> winaleksandr@gmail.com✉

**Аннотация.** В электросетевых компаниях на основании учета количества и продолжительности отключений рассчитываются такие статистические показатели, как поток отказов, среднее время восстановления электроснабжения и др., которые позволяют анализировать ситуацию с надежностью электроснабжения потребителей. Электрические сети железных дорог являются частью железнодорожной инфраструктуры и имеют существенные особенности по сравнению с классическими схемами сетей других электросетевых организаций, обуславливающие различие причин отключений и их продолжительности, для учета которых требуется разработка специализированных основных показателей надежности электроснабжения потребителей, получающих питание от электрических сетей железных дорог. В качестве методологической основы исследования использованы общенаучные методы, методы теории надежности. Информационно-эмпирическую базу составили статистические данные за 2020–2024 гг. по количеству аварийных, плановых и внеплановых отключений, а также длительности перерывов электроснабжения сельских населенных пунктов и предприятий АПК, питаемых от электрических сетей железных дорог, выполненных по системе «два дополнительных провода – рельс» номинальным напряжением 25 кВ. Анализируемые сети территориально расположены в трех регионах Центрального федерального округа России. Составлен перечень причин отключений и представлена система показателей надежности электроснабжения потребителей, учитывающая специфику электрических сетей железных дорог. В дополнение к известным показателям надежности электрических сетей предложены показатели, обусловленные особенностями технического исполнения данных сетей – количество и продолжительность отключений, связанных с переводом питания ЛЭП на другой источник, работами на инфраструктуре железной дороги. По результатам исследования сделан вывод, что применение предложенной системы показателей позволяет эффективно осуществлять обработку и анализ информации об отключениях в электрических сетях железных дорог.

**Ключевые слова:** российские железные дороги, электрические сети, электроснабжение, частота отключений, недоотпуск электроэнергии, отключенная мощность, надежность электроснабжения, показатели надежности

**Для цитирования:** Кириллов С.В., Виноградов А.В., Виноградова А.В. Основные показатели надежности электроснабжения сельских потребителей от электрических сетей железных дорог // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, № 2(89). С. 102–117. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_102-117](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_102-117).

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

Original article

#### Key indicators of power supply reliability of rural consumers fed from railway electrical grids

Sergey V. Kirillov<sup>1</sup>, Aleksandr V. Vinogradov<sup>2✉</sup>, Alina V. Vinogradova<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Infrastructure Design Bureau – Branch of Russian Railways, Moscow, Russia; Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia

<sup>2,3</sup> Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,  
Moscow, Russia

<sup>2,3</sup> Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, Orel, Russia

<sup>3</sup> Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia

<sup>2</sup> winaleksandr@gmail.com✉

**Abstract.** In electric grid companies, statistical indicators such as the failure rate, the average recovery time, etc. are calculated based on the number of outages and their duration, which make it possible to analyze the situation with the reliability of power supply to consumers. Railway electric grids are part of the railway infrastructure and have significant differences from the classical schemes of other electric grid organizations, which determine the difference in the causes of outages and their duration, which require the development of specialized basic indicators of the reliability of electricity supply to consumers fed from railway electric grids. General scientific methods and methods of reliability theory were used as the methodological basis of the research. The information and empirical base was compiled by statistical data for 2020-2024 on the number of emergency, planned and unplanned outages, as well as the duration of power outages in rural settlements and agricultural enterprises fed from railway electric grids made according to the “two wires – rail” (TWR) system with a rated voltage of 25 kV. The analyzed networks are geographically located in three regions of the Central Federal District of Russia. A list of reasons for outages has been compiled and a system of indicators for the reliability of electricity supply to consumers has been presented, taking into account the specifics of railway electrical grids. In addition to the well-known reliability indicators of electrical networks, indicators related to the technical features of these grids are proposed, such as the number and duration of outages associated with switching power lines to another source, and work on the railway infrastructure. Based on the results of the study, it was concluded that the application of the proposed system of indicators makes it possible to effectively process and analyze information on outages in railway electric grids.

**Keywords:** Russian railways, electric power grids, power supply, frequency of outages, under-supply of electricity, disconnected power, reliability of power supply, reliability indicators

**For citation:** Kirillov S.V., Vinogradov A.V., Vinogradova A.V. Key indicators of power supply reliability of rural consumers fed from railway electrical grids. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(2):102-117. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_102-117](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_102-117).

**Введение**  
Открытое акционерное общество «Российские железные дороги» является второй по величине электросетевой организацией в Российской Федерации после ПАО «Российские сети». На балансе компании сосредоточено значительное количество электросетевых активов (подстанций и линий электропередач). Значительная часть сторонних потребителей, включая сельские поселения и предприятия агропромышленного комплекса (АПК), которые расположены вблизи железных дорог, используют железнодорожные электрические сети в качестве источника электроснабжения. Это стало возможным благодаря техническим решениям, заложенным при проектировании и строительстве электрических железных дорог [13].

Железнодорожные системы электроснабжения сельских потребителей имеют распространенную функциональную реализацию по уровням напряжений для экономичной передачи энергии: ВН – СН – НН. В качестве центров питания используются тяговые подстанции, питаемые высоким напряжением (ВН) уровня 220 или 110 кВ [6, 13]. Сети низкого напряжения (НН) в большинстве своем не отличаются от широко применяемых в РФ распределительных сетей напряжением 0,4 (0,23) кВ с глухозаземленной нейтралью [5, 6, 13], и данный сегмент в системе электроснабжения достаточно изучен, включая показатели работы данных сетей [1–4, 11, 15].

Особенностью питающих сетей электрических железных дорог является то, что в качестве сети среднего уровня напряжения (СН) используется система «два дополнительных провода – рельс» (ДПР) номинальным напряжением 25 кВ, которая расположена на опорных конструкциях контактной сети, и в качестве одного проводника фазы высокого напряжения используются рельсы. Данная система электроснабжения является частью инфраструктуры железной дороги, особенности которой и возникающие проблемы при ее эксплуатации более подробно рассмотрены Л.Н. Герасимовым [7], С.В. Кирилловым и А.В. Виноградовым [13], А.В. Крюковым и И.А. Любченко [16], Е.А. Третьяковым [23] и др.

Надежность обеспечения потребителей электрической энергией и ее качество входят в сферу ответственности субъектов электроэнергетики, обеспечивающих поставки электрической энергии (энергосбытовые организации, гарантирующие поставщики, системообразующие территориальные сетевые организации и территориальные сетевые организации) [19]. Указанные субъекты отвечают перед потребителями за неисполнение или ненадлежащее исполнение обязательств по соответствующим договорам, в том числе за надежность снабжения их электрической энергией и ее качество в соответствии с техническими регламентами и иными обязательными требованиями. В договорах оказания услуг по передаче электрической энергии и энергоснабжения определяется категория надежности снабжения потребителя электрической энергией. Для первой и второй категорий надежности допустимое число часов отключения в год и сроки восстановления энергоснабжения определяются сторонами в зависимости от конкретных параметров схемы электроснабжения, наличия резервных источников питания и особенностей технологического процесса потребителя, но не могут быть более соответствующих величин, предусмотренных для третьей категории надежности. Для третьей категории надежности допустимое число часов отключения в год составляет 72 часа, но не более 24 часов подряд, включая срок восстановления энергоснабжения, за исключением случаев, когда для производства ремонта объектов электросетевого хозяйства необходимы более длительные сроки, согласованные с федеральным органом исполнительной власти по государственному энергетическому надзору [19].

Показатели надежности электроснабжения сельских потребителей, такие как количество отказов и плановых отключений, время восстановления и время плановых перерывов, суммарное время перерывов в электроснабжении относятся к зависимым от воздействия природных факторов, технического состояния электрических сетей и сетей электроснабжения, а также от проведения плановых и неплановых работ на устройствах электроснабжения [1, 16, 22].

Большинство научных работ по надежности электроснабжения посвящено анализу аварийных отключений, в том числе их причин, характерных для разных регионов России и других стран, величины недоотпуска электроэнергии с учетом времени года и др. [3, 8, 11, 14, 15]. В некоторых работах рассматриваются особенности функционирования и показателей надежности системы электроснабжения электрических железных дорог, в первую очередь как системы тягового электроснабжения [1, 6, 7] и др.

Следует отметить, что имеются определенные особенности реализации электрических сетей железных дорог, которые оказывают существенное влияние на эксплуатационные показатели электроснабжения различных потребителей, в том числе сельскохозяйственных, которые подробно рассмотрены в [12, 13, 16]. В этой связи необходим комплексный подход для оценки надежности электроснабжения сельских потребителей от электрических сетей железных дорог, основанный на анализе специфики причин нарушения их электроснабжения.

### **Материалы и методы**

В качестве методологической основы исследования применялись общенаучные методы, методы теории надежности. В частности, использовались расчетные показатели надежности согласно [8, 9, 17, 18, 20, 21], а также вводились новые показатели с учетом имеющейся специфики работы системы электроснабжения потребителей от электрических сетей железных дорог.

Информационно-эмпирическую базу составили государственные и отраслевые нормативные документы, статистические данные за 2020–2024 гг. по количеству аварийных, плановых и внеплановых отключений, а также длительности перерывов электроснабжения сельских населенных пунктов и предприятий АПК, питаемых от электрических сетей железных дорог, выполненных по системе «два дополнительных



провода – рельс» номинальным напряжением 25 кВ. Анализируемые сети территориально расположены в трех регионах Центрального федерального округа России.

В ходе анализа статистических данных по количеству отключений потребителей, питаемых от электрических сетей железных дорог, установлено, что все отключения можно разделить на следующие виды:

- аварийные;
- для производства работ на линиях электропередачи, подстанциях и другом оборудовании, участвующем в электроснабжении;
- для переключений питания ВЛ 25 кВ на другой смежный питающий центр (тяговую подстанцию);
- для проведения работ на инфраструктуре железной дороги и объектах, имеющих приближение к железной дороге (путепроводы, мосты, здания, высотные конструкции и т. п.), которые требуют снятия напряжения с линий электропередачи и других устройств электроснабжения по требованиям электробезопасности;
- для проведения работ на инфраструктуре железной дороги в связи с разборкой рельсового пути, участвующего в питании подстанций 25/0,4 кВ системы ДПР в качестве проводника фазы высокого напряжения.

Причины аварийных отключений в электрических сетях железной дороги практически совпадают с причинами отключений в классических питающих и распределительных сетях сетевых компаний РФ:

- аварии или повреждения линий электропередачи и других устройств электроснабжения (высоковольтные линии электропередачи 25 кВ или трансформаторные подстанции 25/0,4 кВ);
- падение дерева, нарушение технологии работ на смежных устройствах (падение предметов, нарушение минимально допустимых расстояний при работе машин и механизмов и др.) и собственные повреждения оборудования элементов системы электроснабжения;
- прекращение внешнего электроснабжения;
- природные факторы (атмосферные перенапряжения, ветровые явления, гололедообразование и налипание снега на провода и т. п.);
- воздействие животных или птиц;
- ошибочные действия персонала;
- неселективная работа устройств релейной защиты и автоматики (ложные срабатывания и несрабатывания устройств РЗА) и др.

Производство работ на линиях электропередачи, подстанциях и другом оборудовании, участвующем в электроснабжении, является также стандартной причиной, и данный статистический показатель отключений учитывается в классических питающих и распределительных сетях электросетевых организаций РФ. Отключения, связанные с данными работами, разделяются на плановые, которые выполняются в соответствии с графиками и регламентами обслуживания устройств электроснабжения, и преднамеренные, которые предусматриваются в связи с выявленными неисправностями в ходе осмотров и различных видов диагностики.

Следует отметить, что система железнодорожного электроснабжения отличается от классических питающих и распределительных сетей. Схема питания ЛЭП ДПР обладает возможностью подать напряжение на линию от одной из двух питающих тяговых подстанций. В нормальном режиме ЛЭП ДПР на всем протяжении между подстанциями питается по консольной схеме от одной из смежных подстанций. Данная линия может секционироваться с возможностью выделения отдельной станции или перегона для производства работ на определенном участке железной дороги. На рисунке 1 представлена схема питания и секционирования контактной сети и ЛЭП ДПР номинальным напряжением 25 кВ.

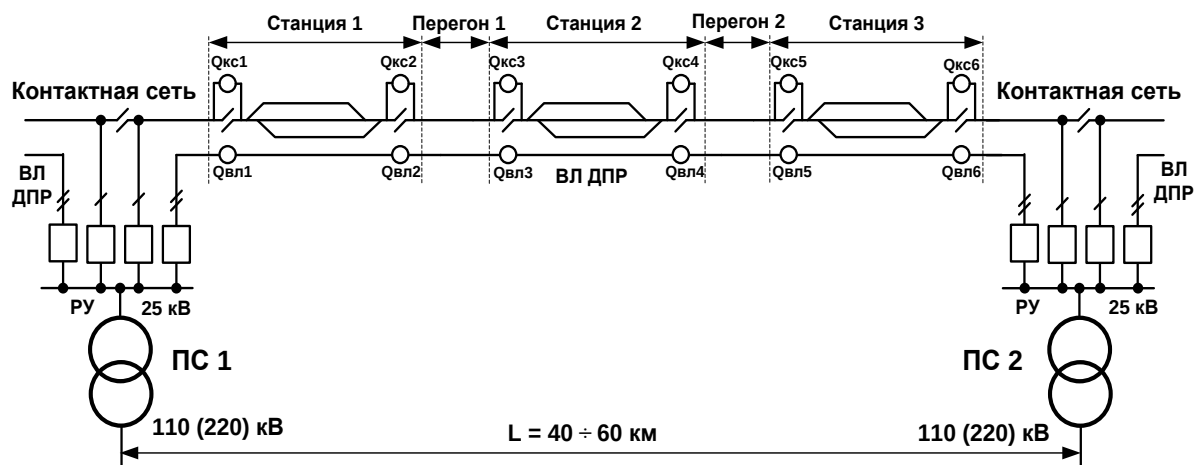


Рис. 1. Схема питания и секционирования контактной сети и ВЛ ДПР при системе тягового электроснабжения 25 кВ: ПС 1, ПС 2 – тяговые подстанции переменного тока номинальным напряжением 25 кВ; ВЛ ДПР – воздушная линия системы ДПР;  $Q_{ксi}$  – разъединители, секционирующие участки контактной сети;  $Q_{влj}$  – разъединители, секционирующие участки воздушной линии ДПР

С учетом схемы, представленной на рисунке 1, подготовка рабочего места на инфраструктуре железной дороги производится по следующему алгоритму:

- 1) отключаются ЛЭП ДПР на всем протяжении между смежными тяговыми подстанциями;
- 2) выделяется необходимый участок на данной ЛЭП ДПР путем отключения необходимых разъединителей, секционирующих участки воздушной линии ДПР –  $Q_{влj}$ ;
- 3) подается напряжение на ЛЭП ДПР от смежных тяговых подстанций.

Восстановление подачи напряжения производится в обратном порядке с обеспечением односторонней схемы питания.

Таким образом, имеют место периодические отключения ЛЭП ДПР на всем протяжении межподстанционной зоны, в том числе для производства переключений питания ВЛ 25 кВ на другой смежный питающий центр (тяговую подстанцию), которые необходимо учитывать как отдельную причину, оказывающую влияние на надежность электроснабжения потребителей.

Также необходимо учитывать, что работы на железной дороге для обслуживания железнодорожной инфраструктуры, связанной с обеспечением движения поездов, проводятся в «окна» в соответствии с требованиями [10]. Для производства работ на инфраструктуре железной дороги предоставляются «окна» продолжительностью от 2 до 4 часов. Для производства крупных работ предоставляются «окна» большей продолжительностью. «Окно» – это время, в течение которого прекращается движение поездов по перегону, отдельным путям перегона или путям железнодорожной станции для производства работ на инфраструктуре.

Длительное закрытие (перегона, пути перегона, станционного пути) – «окно», предоставляемое для ремонта, реконструкции или строительства железнодорожной инфраструктуры, продолжительностью более 24 часов.

Длительное закрытие (закрытый перегон) необходимо при производстве работ капитального характера по ремонту пути, контактной сети или других объектов широким фронтом, когда производится закрытие пути и снятие напряжения с контактной сети и линии ДПР на несколько суток (как правило, от 1 до 7), в среднем продолжительность одного закрытия составляет трое суток. Как правило, в данные «окна» произ-

водится разборка рельсового пути на протяжении нескольких километров, отсоединение заземления опор контактной сети от рельсов, демонтаж и монтаж устройств, расположенных на опорах контактной сети, в т. ч. устройств линии ДПР с отключением КТП 25/0,4 кВ, питающих сельскохозяйственных и других потребителей. И очевидно, что на весь период проведения «окна» с отключением линии ДПР отсутствует возможность подачи напряжения потребителям, подключенным к линии ДПР.

Таким образом, из-за особенностей технического исполнения линий ДПР, имеются еще две причины, оказывающие влияние на надежность электроснабжения – производство переключений и производство работ на инфраструктуре железной дороги.

Работы, производимые на инфраструктуре железной дороги, бывают плановые и внеплановые. Дата и период проведения плановых работ определяются на основании требований государственных и отраслевых нормативных документов с заданной периодичностью [10].

Внеплановые работы могут возникнуть по следующим причинам:

- отступления от норм эксплуатации и содержания объектов инфраструктуры железной дороги, выявленные средствами диагностики, в результате обходов и осмотров, например остродефектный рельс, нарушение состояния балластной призмы, наклон или повреждение опорной конструкции и т. п.;
- повреждения объектов инфраструктуры вследствие воздействия природных факторов, техногенных аварий, катастроф, незаконного вмешательства посторонних лиц и объектов и др.

При производстве работ на инфраструктуре железной дороги достаточно часто основанием отключений является совокупность указанных выше причин по требованиям электробезопасности, а также разборка рельсового пути.

В современных методиках и системах оценки показателей надежности электроснабжения отсутствует учет отдельных показателей по каждому из рассмотренных выше видов отключений. По мнению авторов, анализ каждого вида отключения позволит разработать меры по сокращению количества и продолжительности данных видов перерывов в электроснабжении. В связи с этим предлагается усовершенствованная система основных показателей надежности для условий системы электроснабжения, являющейся частью инфраструктуры железной дороги.

### Результаты и их обсуждение

Предлагаемая система включает в себя приведенные ниже основные показатели надежности электроснабжения.

*Частота отключений электроснабжения*, вызванных аварийными отключениями (отказами), на 100 км линии (100 ед. оборудования),  $\mu_{ав}$ , год<sup>-1</sup>, определяемая по формуле (1)

$$\mu_{ав} = \frac{n_{ав}^{cp}}{L_{ЛЭП}} \times 100, \quad (1)$$

где  $n_{ав}^{cp}$  – среднее количество всех видов аварийных отключений (отказов) за год в ЛЭП одного класса напряжения на участке железной дороги;

$L_{ЛЭП}$  – протяженность ЛЭП электроснабжения потребителей одного класса напряжения участка железной дороги.

*Частота отключений электроснабжения, связанных с плановыми работами в устройствах электроснабжения*, приведенная к 100 км линии (100 ед. оборудования),  $\mu_{пл.эс}$ , год<sup>-1</sup>, определяемая по формуле (2)

$$\mu_{\text{пл.эс}} = \frac{n_{\text{пл.эс}}^{\text{ср}}}{L_{\text{ЛЭП}}} \times 100, \quad (2)$$

где  $n_{\text{пл.эс}}^{\text{ср}}$  – среднее количество плановых отключений ЛЭП за год, связанных с обслуживанием устройств электроснабжения, в линии одного класса напряжения на участке железной дороги.

*Частота преднамеренных отключений электроснабжения, связанных с внеплановыми работами в устройствах электроснабжения*, приведенная к 100 км линии (100 ед. оборудования),  $\mu_{\text{пр.эс}}$ , год<sup>-1</sup>, определяемая по формуле (3)

$$\mu_{\text{пр.эс}} = \frac{n_{\text{пр.эс}}^{\text{ср}}}{L_{\text{ЛЭП}}} \times 100, \quad (3)$$

где  $n_{\text{пр.эс}}^{\text{ср}}$  – среднее количество преднамеренных отключений ЛЭП за год для проведения внепланового ремонта устройств электроснабжения в линии одного класса напряжения на участке железной дороги.

*Частота отключений, связанных с переключением на другой центр питания ЛЭП* за год, в линии одного класса напряжения, приведенная к 100 км сети (100 ед. оборудования),  $\mu_{\text{пер}}$ , год<sup>-1</sup>, определяемая по формуле (4)

$$\mu_{\text{пер}} = \frac{n_{\text{пер}}^{\text{ср}}}{L_{\text{ЛЭП}}} \times 100, \quad (4)$$

где  $n_{\text{пер}}^{\text{ср}}$  – среднее количество отключений в год, связанных с переключением питания ЛЭП, в линии одного класса напряжения на участке железной дороги.

*Частота отключений электроснабжения, связанных с плановыми работами на инфраструктуре железной дороги*, приведенная к 100 км (100 ед. оборудования) линии,  $\mu_{\text{пл.жд}}^{\text{ср}}$ , год<sup>-1</sup>, определяемая по формуле (5)

$$\mu_{\text{пл.жд}}^{\text{ср}} = \frac{n_{\text{пл.жд}}^{\text{ср}}}{L_{\text{ЛЭП}}} \times 100, \quad (5)$$

где  $n_{\text{пл.жд}}^{\text{ср}}$  – среднее количество отключений ЛЭП за год, связанных с проведением плановых работ на инфраструктуре железной дороги, в линии одного класса напряжения на участке железной дороги.

*Частота отключений электроснабжения, связанных с внеплановыми работами на инфраструктуре железной дороги*, приведенная к 100 км (100 ед. оборудования) линии,  $\mu_{\text{внепл.жд}}^{\text{ср}}$ , год<sup>-1</sup>, определяемая по формуле (6)

$$\mu_{\text{внепл.жд}}^{\text{ср}} = \frac{n_{\text{внепл.жд}}^{\text{ср}}}{L_{\text{ЛЭП}}} \times 100, \quad (6)$$

где  $n_{\text{внепл.жд}}^{\text{ср}}$  – среднее количество отключений ЛЭП за год, связанных с проведением внеплановых работ на инфраструктуре железной дороги, в линии одного класса напряжения на участке железной дороги.

*Среднее время продолжительности (математическое ожидание) одного отключения электроснабжения, вызванного аварийным отключением (отказом)*, приведенное к 100 км линии (100 ед. оборудования) за рассматриваемый период (год),  $t_{\text{ав}}^{\text{ср}}$ , часы, определяемое по формуле (7)

$$t_{ав}^{cp} = \frac{t_{ав}^{cp}}{n_{ав}^{cp}} \times \frac{100}{L_{ЛЭП}}, \quad (7)$$

где  $\Sigma t_{ав}^{cp}$  – среднее значение суммарной продолжительности всех видов аварийных отключений (отказов) ЛЭП за год в линии одного класса напряжения участка железной дороги.

*Среднее время продолжительности (математическое ожидание) одного отключения электроснабжения, вызванного плановыми работами в устройствах электроснабжения, приведенное к 100 км линии (100 ед. оборудования) за рассматриваемый период (год),  $t_{пл.эс}^{cp}$ , часы, определяемое по формуле (8)*

$$t_{пл.эс}^{cp} = \frac{t_{пл.эс}^{cp}}{n_{пл.эс}^{cp}} \times \frac{100}{L_{ЛЭП}}, \quad (8)$$

где  $t_{пл.эс}^{cp}$  – среднее значение суммарной продолжительности плановых отключений ЛЭП за год, связанных с обслуживанием устройств электроснабжения, в линии одного класса напряжения на участке железной дороги, часы.

*Среднее время (математическое ожидание) продолжительности одного преднамеренного отключения электроснабжения, связанного с внеплановыми работами в устройствах электроснабжения, приведенное к 100 км линии (100 ед. оборудования) за рассматриваемый период (год),  $t_{пр.эс}^{cp}$ , часы, определяемое по формуле (9)*

$$t_{пр.эс}^{cp} = \frac{t_{пр.эс}^{cp}}{n_{пр.эс}^{cp}} \times \frac{100}{L_{ЛЭП}}, \quad (9)$$

где  $t_{пр.эс}^{cp}$  – среднее значение суммарной продолжительности преднамеренных отключений ЛЭП за год для проведения внепланового ремонта устройств электроснабжения в линии одного класса напряжения на участке железной дороги, часы.

*Среднее время продолжительности (математическое ожидание) одного отключения электроснабжения, связанного с переключением на другой центр питания ЛЭП за год, в линии одного класса напряжения, приведенное к 100 км сети (100 ед. оборудования) за рассматриваемый период (год),  $t_{пер}^{cp}$ , часы, определяемое по формуле (10)*

$$t_{пер}^{cp} = \frac{t_{пер}^{cp}}{n_{пер}^{cp}} \times \frac{100}{L_{ЛЭП}}, \quad (10)$$

где  $t_{пер}^{cp}$  – среднее значение суммарной продолжительности отключений за год, связанных с переключением питания ЛЭП, в линии одного класса напряжения на участке железной дороги, часы.

*Среднее время продолжительности (математическое ожидание) одного отключения электроснабжения, связанного с плановыми работами на инфраструктуре железной дороги, приведенное к 100 км (100 ед. оборудования) линии за рассматриваемый период (год),  $t_{пл.жд}^{cp}$ , часы, определяемое по формуле (11)*

$$t_{пл.жд}^{cp} = \frac{t_{пл.жд}^{cp}}{n_{пл.жд}^{cp}} \times \frac{100}{L_{ЛЭП}}, \quad (11)$$

где  $t_{пл.жд}^{cp}$  – среднее значение суммарной продолжительности отключений ЛЭП за год, связанных с проведением плановых работ на инфраструктуре железной дороги, в линии одного класса напряжения на участке железной дороги.

Среднее время продолжительности (математическое ожидание) одного отключения электроснабжения, связанного с проведением внеплановых работ на инфраструктуре железной дороги, приведенное к 100 км (100 ед. оборудования) линии за рассматриваемый период (год),  $t_{\text{внепл.жд}}^{\text{ср}}$ , часы, определяемое по формуле (12)

$$t_{\text{внепл.жд}}^{\text{ср}} = \frac{t_{\text{внепл.жд}}^{\text{ср}}}{n_{\text{внепл.жд}}^{\text{ср}}} \times \frac{100}{L_{\text{ЛЭП}}}, \quad (12)$$

где  $t_{\text{внепл.жд}}^{\text{ср}}$  – среднее значение суммарной продолжительности отключений ЛЭП за год, связанных с проведением внеплановых работ на инфраструктуре железной дороги, в линии одного класса напряжения на участке железной дороги.

Вероятность отсутствия напряжения из-за отказа (аварийного отключения) в устройствах электроснабжения, приведенная к 100 км линии (100 ед. оборудования) за рассматриваемый период (год) для участка железной дороги,  $q_{\text{ав}}$ , безразм., определяемая по формуле (13)

$$q_{\text{ав}} = \frac{\mu_{\text{ав}} \cdot t_{\text{ав}}^{\text{ср}}}{8760}. \quad (13)$$

Вероятность отсутствия электроснабжения, вызванного плановыми работами в устройствах электроснабжения, приведенная к 100 км линии (100 ед. оборудования) за рассматриваемый период (год) для участка железной дороги,  $q_{\text{пл.эс}}$ , безразм., определяемая по формуле (14)

$$q_{\text{пл.эс}} = \frac{\mu_{\text{пл.эс}} \cdot t_{\text{пл.эс}}^{\text{ср}}}{8760}. \quad (14)$$

Вероятность отсутствия электроснабжения, связанного с преднамеренными отключениями электроснабжения и проведением внеплановых работ в устройствах электроснабжения, приведенная к 100 км линии (100 ед. оборудования) за рассматриваемый период (год),  $q_{\text{пр.эс}}$ , безразм., определяемая по формуле (15)

$$q_{\text{пр.эс}} = \frac{\mu_{\text{пр.эс}} \cdot t_{\text{пр.эс}}^{\text{ср}}}{8760}. \quad (15)$$

Вероятность отсутствия электроснабжения, связанного с переключением на другой центр питания ЛЭП за год, в линии одного класса напряжения, приведенная к 100 км сети (100 ед. оборудования) за рассматриваемый период (год),  $q_{\text{пер}}$ , безразм., определяемая по формуле (16)

$$q_{\text{пер}} = \frac{\mu_{\text{пер}} \cdot t_{\text{пер}}^{\text{ср}}}{8760}. \quad (16)$$

Вероятность отсутствия электроснабжения, связанного с плановыми работами на инфраструктуре железной дороги, приведенная к 100 км (100 ед. оборудования) линии за рассматриваемый период (год),  $q_{\text{пл.жд}}$ , безразм., определяемая по формуле (17)

$$q_{\text{пл.жд}} = \frac{\mu_{\text{пл.жд}} \cdot t_{\text{пл.жд}}^{\text{ср}}}{8760}. \quad (17)$$

Вероятность отсутствия электроснабжения, связанного с внеплановыми работами на инфраструктуре железной дороги, приведенная к 100 км (100 ед. оборудования) линии за рассматриваемый период (год),  $q_{\text{внепл.жд}}$ , безразм., определяемая по формуле (18)

$$q_{\text{внепл.жд}} = \frac{\mu_{\text{внепл.жд}} \cdot t_{\text{пер}}^{\text{ср}}}{8760}. \quad (18)$$

Вероятность отсутствия электроснабжения потребителей на 100 км (100 ед. оборудования) линии на участке железной дороги за рассматриваемый период (год),  $q$ , безразм., определяемая по формуле (19)

$$q = q_{ав} + q_{пл.эс} + q_{пр.эс} + q_{пер} + q_{пл.жд} + q_{внепл.жд} \quad (19)$$

Коэффициент готовности (вероятность безотказной работы) системы электроснабжения на 100 км (100 ед. оборудования) линии на участке железной дороги за рассматриваемый период (год),  $P$ , безразм., определяемый по формуле (20)

$$P = 1 - q \quad (20)$$

Суммарное время перерывов электроснабжения потребителей на рассматриваемом участке железной дороги,  $t_{сумм}$ , часы, определяемое по формуле (21)

$$t_{сумм} = \sum t_{ав} + \sum t_{пл.эс} + \sum t_{пр.эс} + \sum t_{пер} + \sum t_{пл.жд} + \sum t_{внепл.жд} \quad (21)$$

где  $\sum t_{ав}$  – суммарная продолжительность аварийных отключений (отказов всех видов) ЛЭП за год в линии одного класса участка железной дороги, часы;

$\sum t_{пл.эс}$  – суммарная продолжительность плановых отключений ЛЭП за год, связанных с обслуживанием устройств электроснабжения, в линии одного класса напряжения на участке железной дороги, часы;

$\sum t_{пр.эс}$  – суммарная продолжительность преднамеренных отключений ЛЭП для проведения внепланового ремонта устройств электроснабжения в линии одного класса напряжения на участке железной дороги, часы;

$\sum t_{пер}$  – суммарная продолжительность отключений, связанных с переключением питания ЛЭП, за год в линии одного класса напряжения на участке железной дороги, часы;

$\sum t_{пл.жд}$  – суммарная продолжительность отключений ЛЭП за год, связанных с проведением плановых работ на инфраструктуре железной дороги, в линии одного класса напряжения на участке железной дороги, часы;

$\sum t_{внепл.жд}$  – суммарная продолжительность отключений ЛЭП за год, связанных с проведением внеплановых работ на инфраструктуре железной дороги, в линии одного класса напряжения на участке железной дороги, часы.

Средняя суммарная мощность потребителей, питаемых от ЛЭП одного класса напряжения на рассматриваемом участке железной дороги, МВт, определяемая по формуле (22)

$$\sum P_{ср.потр} = \frac{\sum W_{год}}{8760 - t_{сумм}} \quad (22)$$

где  $\sum W_{год}$  – общее количество электрической энергии, потребляемой всеми электроприемниками системы электроснабжения за рассматриваемый период (год), МВт·ч.

Количество недоотпущенной электроэнергии вследствие отсутствия электроснабжения (по всем причинам) за рассматриваемый период  $T$  ( $T = 8760$  часов) на рассматриваемом участке железной дороги,  $\Delta \mathcal{E}$ , МВт·ч, определяемое по формуле (23)

$$\Delta \mathcal{E} = \sum P_{ср.потр} \cdot t_{сумм} \quad (23)$$

В таблице приведены результаты расчета с применением системы основных показателей надежности электроснабжения потребителей от сетей железных дорог за период 2020–2024 гг.

**Пример результатов расчета основных показателей надежности электроснабжения потребителей от сетей железных дорог**

| № п/п | Показатель                                                                                                                                                                                                                                   | Ед. изм.          | Значение показателя |           |           |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------|-----------|-----------|
|       |                                                                                                                                                                                                                                              |                   | Среднее             | Мин.      | Макс.     |
| 1     | 2                                                                                                                                                                                                                                            | 3                 | 4                   | 5         | 6         |
| 1     | Параметр потока отказов (частота отключений), вызванных аварийными отключениями (отказами), на 100 км линии (100 ед. оборудования) в год                                                                                                     | год <sup>-1</sup> | 12,835              | 9,055     | 16,929    |
| 2     | Частота отключений электроснабжения, связанных с плановыми работами в устройствах электроснабжения, на 100 км линии (100 ед. оборудования) в год                                                                                             | год <sup>-1</sup> | 56,614              | 44,882    | 66,142    |
| 3     | Частота преднамеренных отключений электроснабжения, связанных с внеплановым работами в устройствах электроснабжения, на 100 км линии (100 ед. оборудования) в год                                                                            | год <sup>-1</sup> | 6,535               | 3,543     | 8,661     |
| 4     | Частота отключений, связанных с переключением на другой центр питания ЛЭП за год, в линии одного класса напряжения на 100 км сети                                                                                                            | год <sup>-1</sup> | 32,598              | 28,346    | 35,827    |
| 5     | Частота отключений электроснабжения, связанных с плановыми работами на инфраструктуре железной дороги, на 100 км линии в год                                                                                                                 | год <sup>-1</sup> | 84,173              | 28,346    | 98,031    |
| 6     | Частота отключений электроснабжения, связанных с внеплановыми работами на инфраструктуре железной дороги, на 100 км линии в год                                                                                                              | год <sup>-1</sup> | 11,732              | 8,268     | 14,173    |
| 7     | Среднее время продолжительности (математическое ожидание) одного отключения электроснабжения, вызванного аварийным отключением (отказом), на 100 км линии за рассматриваемый период (год)                                                    | часы              | 0,327               | 0,292     | 0,352     |
| 8     | Среднее время продолжительности (математическое ожидание) одного отключения электроснабжения, вызванного плановыми работами в устройствах электроснабжения, на 100 км линии за рассматриваемый период (год)                                  | часы              | 0,941               | 0,847     | 1,131     |
| 9     | Среднее время продолжительности (математическое ожидание) одного преднамеренного отключения электроснабжения, связанного с внеплановыми работами в устройствах электроснабжения, на 100 км линии за рассматриваемый период (год)             | часы              | 0,764               | 0,718     | 1,159     |
| 10    | Среднее время продолжительности (математическое ожидание) одного отключения электроснабжения за год, связанного с переключением на другой центр питания ЛЭП, в линии одного класса напряжения на 100 км сети за рассматриваемый период (год) | часы              | 0,015               | 0,015     | 0,016     |
| 11    | Среднее время продолжительности (математическое ожидание) одного отключения электроснабжения, связанного с плановыми работами на инфраструктуре железной дороги, на 100 км линии за рассматриваемый период (год)                             | часы              | 1,765               | 1,712     | 2,681     |
| 12    | Среднее время продолжительности (математическое ожидание) одного отключения электроснабжения, связанного с проведением внеплановых работ на инфраструктуре железной дороги, на 100 км линии за рассматриваемый период (год)                  | часы              | 0,987               | 0,970     | 1,232     |
| 13    | Среднее время продолжительности (математическое ожидание) всех отключений электроснабжения, на 100 км линии за рассматриваемый период (год)                                                                                                  | часы              | 223,081             | 196,083   | 247,174   |
| 14    | Вероятность отсутствия напряжения из-за отказа (аварийного отключения) в устройствах электроснабжения, на 100 км линии за рассматриваемый период (год) для участка железной дороги                                                           | безразм.          | 0,0004789           | 0,0003636 | 0,0006667 |
| 15    | Вероятность отсутствия электроснабжения, вызванного плановыми работами в устройствах электроснабжения, на 100 км линии за рассматриваемый период (год) для участка железной дороги                                                           | безразм.          | 0,0060802           | 0,0057948 | 0,0063957 |



| 1  | 2                                                                                                                                                                                                                     | 3        | 4         | 5         | 6         |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 16 | Вероятность отсутствия электроснабжения, связанного с преднамеренными отключениями электроснабжения и проведением с внеплановых работ в устройствах электроснабжения, на 100 км линии за рассматриваемый период (год) | безразм. | 0,0005697 | 0,0004689 | 0,0007095 |
| 17 | Вероятность отсутствия электроснабжения за год, связанного с переключением на другой центр питания ЛЭП, в линии одного класса напряжения на 100 км сети за рассматриваемый период (год)                               | безразм. | 0,0000559 | 0,0000504 | 0,0000609 |
| 18 | Вероятность отсутствия электроснабжения, связанного с плановыми работами на инфраструктуре железной дороги, на 100 км линии за рассматриваемый период (год)                                                           | безразм. | 0,0169597 | 0,0145437 | 0,0188140 |
| 19 | Вероятность отсутствия электроснабжения, связанного с внеплановыми работами на инфраструктуре железной дороги, на 100 км линии за рассматриваемый период (год)                                                        | безразм. | 0,0013214 | 0,0011625 | 0,0015695 |
| 20 | Средняя вероятность отсутствия электроснабжения потребителей на 100 км линии на участке железной дороги за рассматриваемый период (год)                                                                               | безразм. | 0,0254659 | 0,0223839 | 0,0282162 |
| 21 | Коэффициент готовности (вероятность безотказной работы) системы электроснабжения на участке железной дороги за рассматриваемый период (год)                                                                           | безразм. | 0,9745341 | 0,9776161 | 0,9717838 |
| 22 | Суммарное время перерывов электроснабжения потребителей на рассматриваемом участке железной дороги                                                                                                                    | часы     | 1439,23   | 1265,05   | 1594,67   |
| 23 | Средняя суммарная мощность потребителей, питаемых от ЛЭП одного класса напряжения на рассматриваемом участке железной дороги                                                                                          | МВт      | 2,9214758 | 2,6574593 | 3,2925691 |
| 24 | Количество недоотпущенной электроэнергии вследствие отсутствия электроснабжения (по всем причинам) за рассматриваемый период $T$ ( $T = 8760$ часов) на рассматриваемом участке железной дороги                       | МВт·ч    | 4204,67   | 3361,81   | 5250,561  |

Источник: составлено и рассчитано авторами.

На рисунке 2 представлена визуализация средних значений частоты отключений электроснабжения от сетей электрических дорог, рассчитанных за период наблюдений 2020–2024 гг. и приведенных к 100 км линии.

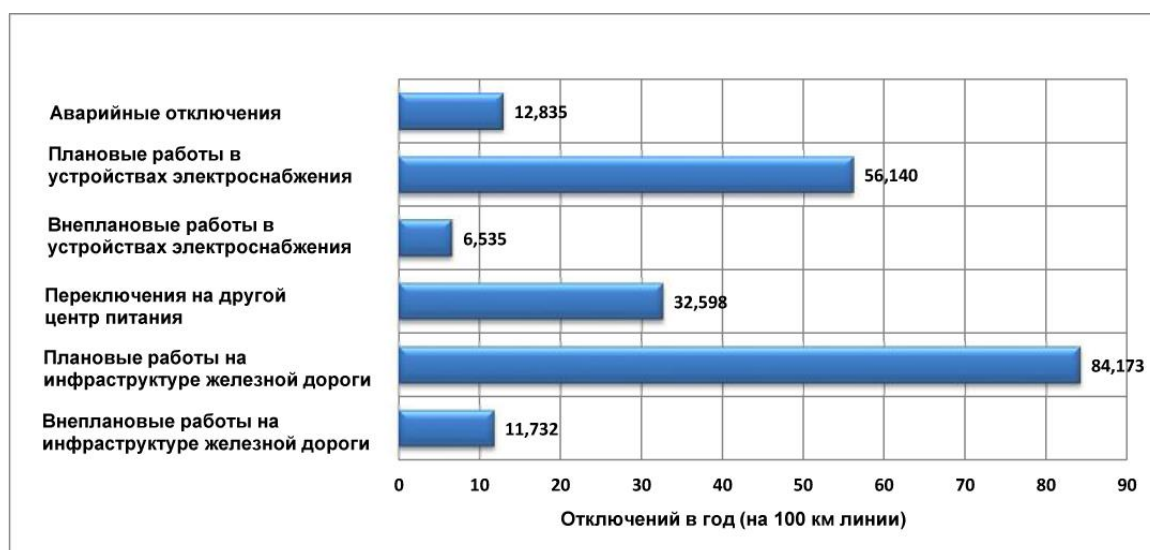
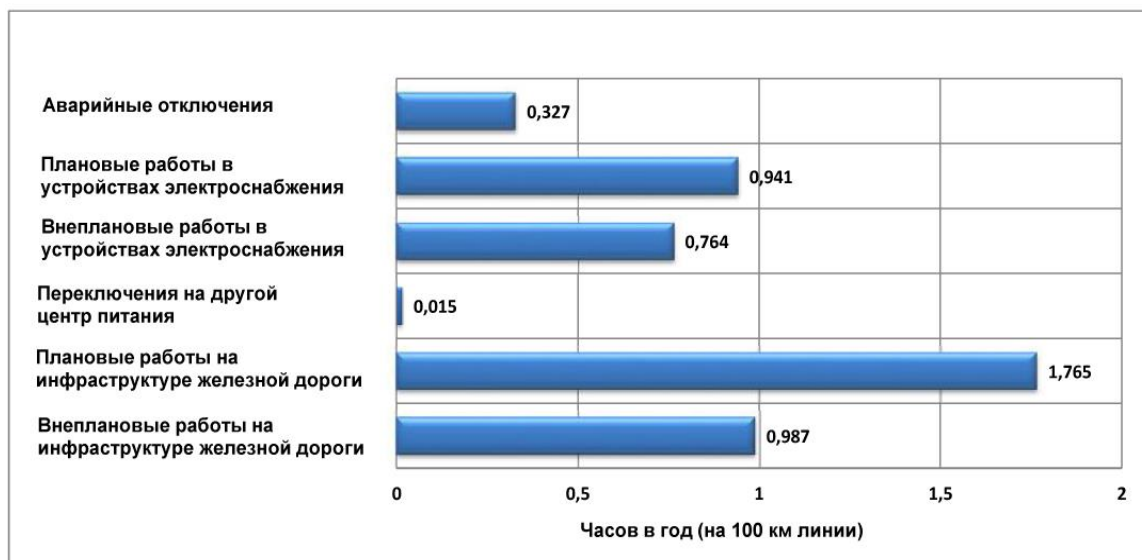


Рис. 2. Среднее значение частоты отключений электроснабжения потребителей от сетей электрических дорог в год, приведенное к 100 км линии, за период 2020–2024 гг.

Источник: составлено авторами по данным таблицы 3.

На рисунке 3 представлена визуализация значений средней продолжительности отключений электроснабжения от сетей электрических дорог, рассчитанных за период наблюдений 2020–2024 гг. и приведенных к 100 км линии.



**Рис. 3. Средняя продолжительность отключений электроснабжения потребителей от сетей электрических дорог в год, приведенная к 100 км линии, за период 2020–2024 гг.**

Источник: составлено авторами по данным таблицы 3.

Таким образом, расширение перечня основных показателей надежности электроснабжения позволяет более объективно оценивать работу электрических сетей железных дорог в части электроснабжения сельских потребителей. Анализ абсолютных и средних значений отключений как в количественном выражении, так и по их продолжительности показывает, что главной причиной перерывов в электроснабжении являются плановые и внеплановые работы на инфраструктуре электрической железной дороги. В этой связи перед планированием данных работ и отключением электроснабжения необходимо принимать меры организационного и технического характера, направленные на сокращение количества и продолжительности отключений или на обеспечение электроснабжения различными техническими методами, более подробно изложенными в [12, 13, 22].

На основе предложенных основных показателей надежности можно определить и другие параметры по каждому виду отключений и в привязке к конкретному участку железной дороги. Среди расчетных показателей следует отметить такие, как вероятность безотказной работы, расчетное время перерывов в электроснабжении и др. С учетом приведенных в таблице данных целесообразно разработать практические рекомендации по повышению надежности электроснабжения потребителей на рассматриваемом участке железной дороги.

### Выводы

Обзор литературных источников и проведенный анализ условий эксплуатации электроснабжения потребителей от сетей железных дорог выявил необходимость совершенствования основных показателей надежности электроснабжения потребителей, питаемых от электрических сетей железных дорог с учетом особенностей, характеризующих как перерывы в электроснабжении, связанные с эксплуатацией самой системы электроснабжения, так и перерывы, обусловленные особенностями железнодорожных электрических сетей и их интеграции в инфраструктуру железной дороги.

При анализе надежности электроснабжения потребителей, питаемых от электрических сетей железных дорог, необходимо рассчитывать предложенные дополнительные показатели надежности электроснабжения производимых работ на инфраструктуре железной дороги, в том числе отключений электроснабжения, связанных с переключением на другой центр питания, и отключений, вызванных производством плановых и внеплановых работ на инфраструктуре железной дороги.

Выполненный по предложенной системе показателей надежности электроснабжения потребителей от сетей железных дорог расчет (на примере отдельного участка железной дороги) подтвердил их применимость. Выявлено, что основной причиной перерывов в электроснабжении потребителей являются плановые и внеплановые работы на инфраструктуре электрической железной дороги. Так, количество аварийных отключений в год на 100 км линий составило 12,8, а количество плановых отключений – более 84. Расчеты на основе предложенной системы показателей рационально использовать для проведения анализа надежности электроснабжения и разработки мероприятий по ее повышению.

#### Список источников

1. Алексеенко В.А., Крюков А.В. Применение статистических методов для анализа повреждаемости устройств электроснабжения железных дорог // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2011. № 1(29). С. 101–105.
2. Бандурин И., Садченкова О. Повышение надежности электроснабжения распределительных сетей сельскохозяйственного назначения // Электроэнергия. Передача и распределение. 2015. № 5(32). С. 46–52.
3. 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.
4. Виноградова А.В., Виноградов А.В. Удельные показатели надежности по причинам отключений электрических сетей 0,4 кВ // Техника и оборудование для села. 2025. № 7(337). С. 39–43. DOI: 10.33267/2072-9642-2025-7-39-43.
5. Виноградов А.В., Лансберг А.А., Виноградова А.В. Анализ конфигурации электрических сетей 0,4 кВ Орловской области // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2023. Т. 70, № 4(53). С. 22–29. DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-22-29.
6. Вуколов В.Ю., Колесников А.А., Обалин М.Д. и др. Особенности обеспечения надежности электроснабжения нетяговых потребителей железных дорог // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики: материалы 95-го заседания Международного научного семинара (пос. Хужир, оз. Байкал, 09–15 июля 2023 г.). Иркутск: Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, 2023. Вып. 74. С. 431–440.
7. Герасимов Л.Н. Расчет показателей надежности оборудования и систем электроснабжения железнодорожного транспорта // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2013. Т. 2. С. 102–107.
8. Горбунов И.Н., Захаренко С.Г., Малахова Т.Ф. Показатели надежности систем электроснабжения // Энергетика и энергосбережение: теория и практика: материалы III Всероссийской научно-практической конференции (Кемерово, 13–15 декабря 2017 г.). Кемерово: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2017. С. 215.
9. ГОСТ 33947-2016. Межгосударственный стандарт. Железнодорожное электроснабжение. Номенклатура показателей надежности и функциональной безопасности. Москва: Стандартинформ, 2017. 8 с.
10. Инструкция о порядке планирования, предоставления, использования и учета «окон» для работ на инфраструктуре ОАО «РЖД»: утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 28.12.2023 № 3403/р [Электронный ресурс]. URL: [https://internet-law.ru/documents/prod/akt\\_forma/0/instr.html](https://internet-law.ru/documents/prod/akt_forma/0/instr.html) (дата обращения: 25.03.2026).
11. Исупова А.М., Хорольский В.Я., Мастепаненко М.А. и др. Оценка эксплуатационной надежности сельских электрических сетей по статистическим данным об отключениях // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2023. № 5(74). С. 121–139. DOI: 10.24411/2078-1318-2023-5-121-139.
12. Кириллов С.В., Виноградов А.В. Обоснование использования земли в качестве одной из фаз питания трансформаторной подстанции 25/0,4 кВ системы электроснабжения сельскохозяйственных потребителей // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2025. № 2(74). С. 72–82. DOI: 10.31563/1684-7628-2025-74-2-72-82.
13. Кириллов С.В., Виноградов А.В. Развитие схем электроснабжения сельских потребителей от электрических сетей железных дорог // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2025. Т. 72, № 2(59). С. 36–45. DOI: 10.22314/2658-4859-2025-72-2-36-45.

14. 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.
15. 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.
16. Крюков А.В., Любченко И.А. Улучшение качества электроэнергии в системах электроснабжения стационарных объектов железнодорожного транспорта // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 6. С. 53–65. DOI: 10.30724/1998-9903-2021-23-6-53-65.
17. Методика расчета и нормирования показателей надежности объектов железнодорожного электроснабжения: утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 06.12.2019 № 2762/р. [Электронный ресурс]. URL: [https://internet-law.ru/documents/prod/metodika/0/metod\\_38033.html](https://internet-law.ru/documents/prod/metodika/0/metod_38033.html) (дата обращения: 25.01.2026).
18. Надежность систем энергетики и их оборудования: справочник в 4-х т.; под ред. Ю.Н. Руденко. Т. 2: Надежность электроэнергетических систем; ред. М.Н. Розанов. Москва: Энергоатомиздат, 2000. 566 с.
19. Об электроэнергетике: Федеральный закон от 26.03.2003 № 354-ФЗ (ред. от 23.03.2026) [Электронный ресурс]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_41502/71ca306c624a4f313cf976323f4f5930a5124b0d/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_41502/71ca306c624a4f313cf976323f4f5930a5124b0d/) (дата обращения: 25.03.2026).
20. Овсейчук В.А., Непомнящий В.А. Нормирование надежности и качества электроснабжения потребителей // Инноватика и экспертиза: научные труды. 2016. № 1(16). С. 175–185.
21. РД 34.20.574 (СО 153-34.20.574). Указания по применению показателей надежности элементов энергосистем и работы блоков с паротурбинными установками: утверждены Главным техническим управлением по эксплуатации энергосистем Минэнерго СССР. 1984. [Электронный ресурс]. URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/5eb/4294817220.pdf> (дата обращения: 25.01.2026).
22. Терешко О. Расчет показателей надежности электроснабжения конечных потребителей // Электроэнергия. Передача и распределение. 2016. № 3(36). С. 48–52.
23. Третьяков Е.А. Регулирование параметров режима в системе электроснабжения нетяговых потребителей железных дорог // Омский научный вестник. 2015. № 2(140). С. 155–159.

## References

1. Alekseenko V.A., Kryukov A.V. Application of statistical methods for the railway electrical power supply devices damageability analysis. *Modern Technologies. System Analysis. Modeling*. 2011;1(29):101-105. (In Russ.).
2. 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.).
3. 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.).
4. Vinogradova A.V., Vinogradov A.V. Specific indicators of power supply reliability depending on the reasons of 0.4 kV power grid outages. *Machinery and equipment for rural areas*. 2025;7(337):39-43. DOI: 10.33267/2072-9642-2025-7-39-43. (In Russ.).
5. Vinogradov A.V., Lansberg A.A., Vinogradova A.V. Analysis of the configuration of 0.4 kV electrical grids in the Orel region. *Electrical engineering and electrical equipment in agriculture*. 2023;70(4):22-29. DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-22-29. (In Russ.).
6. Vukolov V.Yu., Kolesnikov A.A., Obalin M.D. et al. Features of ensuring the reliability of electricity supply to non-traction consumers of railways. In: Methodological issues of studying the reliability of large energy systems: Proceedings of the 95th Session of the International Scientific Seminar (Khuzhir, Lake Baikal, July 9-15, 2023). Irkutsk: Melentiev Energy Systems Institute (Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences). 2023;74:431-440. (In Russ.).
7. Gerasimov L.N. Calculation of reliability indicators for equipment and power supply systems of railway transport. *Transport infrastructure of the Siberian region*. 2013;2:102-107. (In Russ.).
8. Gorbunov I.N., Zakharenko S.G., Malakhova T.F. Reliability indicators of power supply systems. In: Energy and energy saving: theory and practice: Proceedings of the III All-Russian Research-to-Practice Conference (Kemerovo, December 13-15, 2017). Kemerovo: T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University; 2017:215. (In Russ.).
9. GOST 33947-2016. Interstate standard. Railway power supply. Nomenclature of dependability and functional safety indices. Moscow: Standartinform Publishers; 2017. 8 p. (In Russ.).
10. Instructions on the procedure for maintenance windows' planning, providing, using and accounting for work on the infrastructure of RZD: approved by OAO RZD Order of December 28, 2023 No. 3403. URL: [https://internet-law.ru/documents/prod/akt\\_forma/0/instr.html](https://internet-law.ru/documents/prod/akt_forma/0/instr.html). (In Russ.).
11. Isupova A.M., Khorolsky V.Ya., Mastepanenko M.A. et al. Assessment of operational reliability of rural electrical networks by statistical data on outages. *Izvestiya of Saint Petersburg State Agrarian University*. 2023;5(74):121-139. DOI: 10.24411/2078-1318-2023-5-121-139. (In Russ.).
12. Kirillov S.V., Vinogradov A.V. Justifying the use of the earth as one of the power phases for a 25/0.4 kV transformer substation of the agricultural power supply system. *Bulletin of the Bashkir State Agrarian University*. 2025;2(74):72-82. DOI: 10.31563/1684-7628-2025-74-2-72-82. (In Russ.).

13. Kirillov S.V., Vinogradov A.V. Development of power supply schemes for rural consumers from rail-road power grids. *Electrical engineering and electrical equipment in agriculture*. 2025;72(2):36-45. DOI: 10.22314/2658-4859-2025-72-2-36-45. (In Russ.).
14. 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.).
15. 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.).
16. Kryukov A.V., Lyubchenko I.A. Improving the quality of electricity supply systems in stationary objects of railway transport. *Power Engineering: Research, Equipment, Technology*. 2021;23(6):53-65. DOI: 10.30724/1998-9903-2021-23-6-53-65. (In Russ.).
17. Methodology for calculating and standardizing reliability indicators for railway power supply facilities: approved by OAO RZD Order of December 6, 2019 No. 2762/r. URL: [https://internet-law.ru/documents/prod/metodika/0/metod\\_38033.html/](https://internet-law.ru/documents/prod/metodika/0/metod_38033.html/). (In Russ.).
18. Reliability of energy systems and their equipment: handbook in 4 volumes (editor Yu.N. Rudenko). Vol. 2: Reliability of electric power systems (editor M.N. Rozanov). Moscow: Energoatomizdat; 2000. 566 p. (In Russ.).
19. Concerning the Electric Power Industry: Federal Law of 26.03.2003 No. 354-FZ. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_41502/71ca306c624a4f313cf976323f4f5930a5124b0d/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_41502/71ca306c624a4f313cf976323f4f5930a5124b0d/). (In Russ.).
20. Ovseichuk V.A., Nepomnyashchii V.A. Regulation of reliability and quality of electricity supply. *Innovatics and expert examination*. 2016;1(16):175-185. (In Russ.).
21. RD 34.20.574 (SO 153-34.20.574). Guidelines for the application of reliability indicators for power system elements and the operation of units with steam turbine plants: Approved by the Main Technical Department for the Operation of Power Systems of the Ministry of Energy of the USSR in 1984. URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/5eb/4294817220.pdf>. (In Russ.).
22. Tereshko O. Calculation of power supply reliability indicators for end consumers. *Electric Power. Transmission and Distribution*. 2016;3(36):48-52. (In Russ.).
23. Tretyakov E.A. Regulation of the parameters in the system mode power supply not-traction consumers on railways. *Omsk Scientific Bulletin*. 2015;2(140):155-159. (In Russ.).

#### Информация об авторах

С.В. Кириллов – кандидат технических наук, доцент, инженер-технолог, Проектно-конструкторское бюро по инфраструктуре – филиал ОАО «РЖД»; доцент кафедры агроинженерии и электроэнергетики ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», kirill\_mich@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-5412-5441>.

А.В. Виноградов – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры электроснабжения и теплоэнергетики имени академика И.А. Будзко ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; профессор кафедры электроснабжения ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет», winaleksandr@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8845-9718>.

А.В. Виноградова – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории электроснабжения, электрооборудования и возобновляемой энергетики ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»; доцент кафедры электроснабжения ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина»; преподаватель технологического колледжа ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», alinawin@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8935-7086>.

#### Information about the authors

S.V. Kirillov, Candidate of Engineering Sciences, Docent, Engineering Technologist, Infrastructure Design Bureau – Branch of Russian Railways; Docent, the Dept. of Agroengineering and Electric Power Industry, Michurinsk State Agrarian University, kirill\_mich@mail, <https://orcid.org/0009-0006-5412-5441>.

A.V. Vinogradov, Doctor of Engineering Sciences, Docent, Professor, the Dept. of Electric Power Supply and Heat Power Industry named after Academician I.A. Budzko, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; Professor, the Dept. of Electric Power Supply, Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, winaleksandr@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8845-9718>.

A.V. Vinogradova, Candidate of Engineering Sciences, Leading Research Scientist, Laboratory of Electric Power Supply, Electrical Equipment and Renewable Energy, Federal Scientific Agroengineering Center VIM; Docent, the Dept. of Electric Power Supply, Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin; Lecturer, College of Technology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, alinawin@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8935-7086>.

Статья поступила в редакцию 14.05.2026; одобрена после рецензирования 20.06.2026; принята к публикации 23.06.2026.

The article was submitted 14.05.2026; approved after reviewing 20.06.2026; accepted for publication 23.06.2026

© Кириллов С.В., Виноградов А.В., Виноградова А.В., 2026

### 5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА (ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 332.122:338.43.

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2026\_2\_118

EDN: HKPZHS

#### Пространство сельских территорий: концепция развития в условиях периферизации

Ирина Николаевна Меренкова<sup>1✉</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-Черноземного района – филиал ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр имени В.В. Докучаева», Воронеж, Россия

<sup>1</sup> upr-nii@yandex.ru<sup>✉</sup>

**Аннотация.** Представленное исследование направлено на развитие целостной концепции системного анализа пространства сельских территорий в условиях нарастающей периферизации – одного из наиболее острых вызовов для пространственного развития страны. Системными последствиями данного процесса являются поляризация пространства, продолжающаяся депопуляция, монопрофильность сельской экономики, инфраструктурная отсталость села от города, дисбаланс во взаимоотношениях «центр-периферия». Исходя из этого необходимо с теоретико-методологических позиций изучить специфику сельского пространства и сущностную природу периферийных территорий, что позволит осуществить переход к новой парадигме сельского развития. В данном ключе обоснована гипотеза исследования, выявляющая причинно-следственные связи, и представлена концептуальная модель, в которой систематизированы базовые характеристики сельского пространства, а также выделены ее фундаментальные элементы (подходы, принципы, закономерности, свойства, критерии развития). Доказано, что асимметрия пространства сельских территорий детерминирована их центр-периферийным положением, обуславливающим различия в структуре расселения, хозяйствовании и природопользовании. В связи с этим рассмотрена структура периферийных территорий в организации сельского пространства с различными типологическими основаниями. Анализ Федерального закона № 33-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в единой системе публичной власти» показал, что переход к одноуровневой системе местного самоуправления не решает проблему периферийности сельской местности, а создает определенные риски. В целях минимизации возникающих дисбалансов предложены приоритетные направления развития сельского пространства с учетом центр-периферийных отношений. Результаты исследования вносят вклад в теорию пространственного развития, ориентированы на практиков в сфере региональной политики и территориального планирования и могут быть использованы при разработке программ поддержки сельских территорий.

**Ключевые слова:** пространство сельских территорий, центр-периферийные отношения, структура периферии в организации пространства, концептуальная модель, одноуровневая система местного самоуправления

**Для цитирования:** Меренкова И.Н. Пространство сельских территорий: концепция развития в условиях периферизации // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, № 2(89). С. 118–129. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_118-129](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_118-129).

### 5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS (ECONOMIC SCIENCES)

Original article

#### Rural space: a concept of development in the context of peripheralization

Irina N. Merenkova<sup>1✉</sup>

<sup>1</sup> 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

<sup>1</sup> upr-nii@yandex.ru<sup>✉</sup>

**Abstract.** The presented research is aimed at developing a holistic concept of systemic analysis of rural areas in the context of increasing peripheralization, as one of the most acute challenges for the spatial development of the country. The systemic consequences of this process are the polarization of space, the ongoing depopulation, single-industry rural economy, the infrastructural backwardness of the rural settlements from the city, and the imbalance in the center-periphery relationship. Based on this, it is necessary to study the specifics of rural space and the essential nature of peripheral territories from a theoretical and methodological point of view, which will allow for the transition to a new paradigm of rural development. In this context, the research hypothesis is

substantiated, revealing causal relationships, and a conceptual model is presented in which the basic characteristics of rural space are systematized, as well as its fundamental elements (approaches, principles, patterns, properties, criteria of development) are highlighted. It is proved that the asymmetry of the space of rural territories is determined by their central-peripheral position, due to differences in the population distribution pattern, structure of economic management and environmental management. In this regard, the structure of peripheral territories in the rural space arrangement with various typological bases is considered. An analysis of the Federal Law No. 33-FZ "On the General Principles of Organizing Local Self-Government in a Unified System of Public Authority" has shown that the transition to a single-level system of local self-government does not solve the problem of rural peripherality, but creates certain risks. In order to minimize the emerging imbalances, priority directions for the development of rural space are proposed, taking into account the center-peripheral relations. The research results contribute to the theory of spatial development, are aimed at practitioners in the field of regional policy and territorial planning and can be used in the development of rural support programs.

**Keywords:** space of rural areas, center-peripheral relations, peripheral structure in space arrangement, conceptual model, single-level system of local self-government

**For citation:** Merenkova I.N. Rural space: a concept of development in the context of peripheralization. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(2):118-129. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_118-129](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_118-129).

**И**зучение сельского пространства невозможно без рассмотрения вопросов уточнения сущностно-специфической природы периферийных территорий. Общенаучная парадигма многомерного фрактального пространства на фоне существующих вызовов современной экономики неизбежно сталкивается с различными трудностями концептуального характера, не дающими в полной мере применять необходимый инструментарий для анализа пространства сельских территорий.

Целью представленного исследования является разработка концептуальных основ развития пространства сельских территорий в условиях нарастающей периферизации.

Гипотеза исследования при этом формулируется на основе следующих предположений:

- сельские территории в связи с происходящими на них непрерывными процессами взаимодействия природных, расселенческих и хозяйственных сочетаний являются пространственными образованиями и обладают всеми признаками системы;
- идентификация и выделение концептуальных подходов к пониманию сущности пространства сельских территорий, обусловленных базовыми принципами и ключевыми свойствами, дают возможность сформировать представление о сельском пространстве с теоретико-методологических позиций;
- углубление процессов периферизации создает предпосылки для формирования устойчивой поляризации сельского пространства, что усложняет разработку целостной концепции территориального развития;
- переход к одноуровневой системе местного самоуправления не решает проблему центр-периферийных отношений в сельской местности, а создает риски смещения баланса в сторону центра и ослабления локального самоуправления.

Научные исследования, учитывающие пространственные аспекты в экономике, посвящены вопросам размещения производительных сил, дифференциации социально-экономического развития, расселения, а также анализу функционирования локальных сообществ, оценке межрегиональных взаимодействий и др. В данном ключе важно определиться с пониманием дефиниции «пространство» и его содержательными характеристиками.

На каждом этапе общественного развития толкование категории «пространство» менялось в соответствии с трансформацией научных взглядов. В настоящее время продолжается процесс определения сущностных признаков пространства, и сам термин становится более сложным и многоаспектным, что прежде всего связано с направленностью его изучения и значительным количеством дисциплин в рамках различных отраслей наук, каждая из которых имеет свой круг задач, объект и предмет исследования, в связи с чем используется в качестве инструмента для построения собственных предметных областей и теорий.

На основе систематизации трактовок пространства ученые выделяют три его типа:

- реальное (физическая среда существования);
- концептуальное (абстрактная модель пространства для научного познания мира);
- перцептуальное (пространственные отношения, формируемые индивидуальным восприятием органами чувств и сознанием человека окружающей действительности) [13, 21].

К основным атрибутам первого типа относятся объективность, метрика, подчинение физическим законам и расположение материальных объектов относительно друг друга. Второй тип, обусловленный теоретическим осмыслением и стандартизацией пространственных отношений, включает такие характеристики, как субъективность, отсутствие прямого аналога в окружающей действительности, является инструментом познания, часто подвергается математической формализации, допускает упрощения и идеализацию. Третий тип, связанный с индивидуальным восприятием пространства, объединяет такие свойства, как субъективность, особенности восприятия (органы чувств, психология и физиология), склонность к искажениям и заблуждениям.

Следует также отметить, что в ходе эволюции научных изысканий зачастую предлагались неоднозначные трактовки понятий «пространство» и «территория», особенно в рамках территориального подхода, что приводило к определенным сложностям их интерпретации. В научном сообществе одни авторы отождествляют территорию и пространство, а другие, наоборот, считают, что это совершенно разные понятия, углубляя в данном ракурсе дискуссию, что первично, а что вторично. Игнорируя доминирование пространства над территорией, некоторые ученые не берут во внимание такие основополагающие признаки первичности, как содержательность, динамичность и развитие, фундаментальность и структурная основа, а придерживаются следующих точек зрения: территория – это фундамент для пространства, основа, определяющая размер пространства через степень освоенности; пространство – это организованная территория [6, 9]. Другими словами, содержательная и структурная роль пространства как базы для формирования и функционирования территории ими не принимается во внимание.

Наряду с этим в последние десятилетия все чаще наблюдается употребление термина «пространственный» вместо «территориальный», и это неслучайно. С одной стороны, это отражает эволюцию научного мышления и более адаптированный подход к анализу географических, экономических, социальных и других процессов, а с другой – в переводной литературе толкование понятия «territory» может исказить его смысл. Так, в англоязычных текстах данный термин приобретает «административно-хозяйственную или владельческую» интерпретацию [22, 23]. Если в русскоязычном научном дискурсе применяется термин «территория», то в англоязычном обычно используют термины «пространство» (space) и «площадь» (area). Так, по мнению Д. Делани, территория – это «ограниченное, многозначное общественное пространство, «значения» (meanings) которого подразумевают функционирование власти в общественных отношениях. Территория в определенном смысле есть слияние значения (meaning), власти (power) и общественного пространства (social space). Прототипом территории может быть территория национального государства» [22].

Конкретная разница между понятиями «территория» и «пространство» заключается в том, что для первого термина характерны привязанность к определенным координатам и четкие границы. Каждая территория имеет свой уникальный профиль, обусловленный совокупностью местных (локализованных) факторов, собственным потенциалом саморазвития, ориентацией на максимально возможное использование ресурсов, а также на потребности и интересы населения. Пространство же более широкое и абстрактное понятие, которое включает основные виды: геопространство, экономическое, социальное, экологическое, информационное, ментальное и др.



Сельские территории, являясь пространственными образованиями и обладая всеми признаками системы (ограниченность, целостность, комплексность, структурность и др.), нами определяются как многогранная пространственно-функциональная социо-эколого-экономическая система, обеспечивающая ареал существования и жизнедеятельности сельского сообщества, включающая в разрезе административных границ сельские поселения (населенные пункты) с их инфраструктурой и соответствующими межселенными территориями. Исходя из этого, при позиционировании сельского пространства продуктивным видится системный подход к пониманию его сущности как совокупности элементов в целом и опосредующих их взаимосвязей. В данном ракурсе пространство сельских территорий в общем виде представляется как система, включающая физическое пространство и среду для размещения объектов, в которых на основе использования природно-ресурсного потенциала и взаимосвязей внешних упорядочивающих и внутренних организующих факторов осуществляется взаимодействие хозяйствующих субъектов сельских территорий и пространственно-локализованного социума [10].

Формирование пространства происходит по принципу «снизу-вверх», объединяя в единое пространственно-экономическое образование целые системы, функционирующие на основе имеющегося пространственного каркаса (физического базиса) и среды для размещения объектов, в которой осуществляется взаимодействие хозяйствующих субъектов сельских территорий, опираясь на пространственно-ресурсный потенциал и различные факторы сельской экономики. При этом экономическое пространство, как и само физическое пространство, остается единым, неделимым, несмотря на большое разнообразие макрорегионов, регионов, сельских муниципальных образований [5].

В концептуальном отношении следует особо подчеркнуть, что пространство сельских территорий – это нестандартная многоаспектная неравновесная система, поэтому для системного видения происходящих в ней процессов исследователями используются системно-компонентный, системно-структурный, системно-функциональный подходы, обусловленные базовыми принципами (иерархичность, функциональность, гетерогенность, неразделимость, целенаправленность) и ключевыми свойствами (пространственный каркас, насыщенность, связанность).

Так, системно-компонентный подход изучает пространство сельских территорий как систему в разрезе ее основных элементов и подсистем (комплексность и иерархичность), что позволяет выявить их соотношение для обеспечения новых качественных особенностей сельских территорий. Системно-структурный подход направлен на определение внутренних связей и взаимодействий элементов и подсистем сельского пространства за счет целостности, структурности и декомпозиции. Системно-функциональный подход, учитывающий целенаправленность пространства сельских территорий как системы, ориентирован на установление функциональных зависимостей между ее элементами и подсистемами, приводящих к интегрированному результату.

Что касается фундаментальных свойств, то первым из них является пространственный каркас (структурная основа пространства), показывающий изменение пространства сельских территорий в разрезе структурных сдвигов (смещение экономических центров, формирование агломераций и опорных населенных пунктов), появление новых пространственных структур (технопарки, ОЭЗ, различные кластеры), трансформацию ареалов (изменение границ сельскохозяйственных земель, восстановление или деградация экосистем, урбанизация), развитие коммуникаций (расширение транспортной сети, появление цифровых коммуникаций).

Вторым не менее важным свойством следует отметить насыщенность пространства сельских территорий, отражающую степень его наполненности различными эле-

ментами: природными ресурсами, отраслями сельской экономики, инфраструктурными объектами, а также функционированием различных субъектов хозяйствования, которые взаимодействуют и участвуют на разных стадиях воспроизводственного процесса, что определяет интенсивность и разнообразие жизнедеятельности в сельской местности.

Третье свойство – связанность сельского пространства (различные объекты и связи между ними: населенные пункты, сельскохозяйственные предприятия, рекреация, транспортные и инженерные сети и др.), характеризующая интенсивность связей между частями и элементами пространства, что, в свою очередь, определяет единство пространства и влияет на рациональное распределение ресурсов, сокращение дисбалансов в развитии сельских территорий и повышение качества жизни селян.

Наряду с ключевыми свойствами пространства сельских территорий, с учетом исследования точек зрения различных ученых, можно выделить такие общие свойства, как фрактальность, неоднородность и самоорганизация (для синергетических систем); плотность, расстояние, концентрация, разобщенность, экономическая активность, взаимодействие (преобразовательная способность); организованность, асимметричность, динамичность, неоднородность (поляризация), взаимосвязь «центр-периферия» и др. [2, 4, 11, 24].

Рассмотренные свойства в основном свидетельствуют о неизменности пространства, однако одновременно с этим, находясь в процессе постоянной трансформации под воздействием как внешних, так и внутренних факторов, пространство сельских территорий подвержено некоторой дифференциации, что проявляется в его метрических (количественные и измеримые свойства – протяженность) и топологических свойствах (качественные: размерность, однородность, структурированность), обуславливающих архитектуру (архетип) и характер пространственного развития.

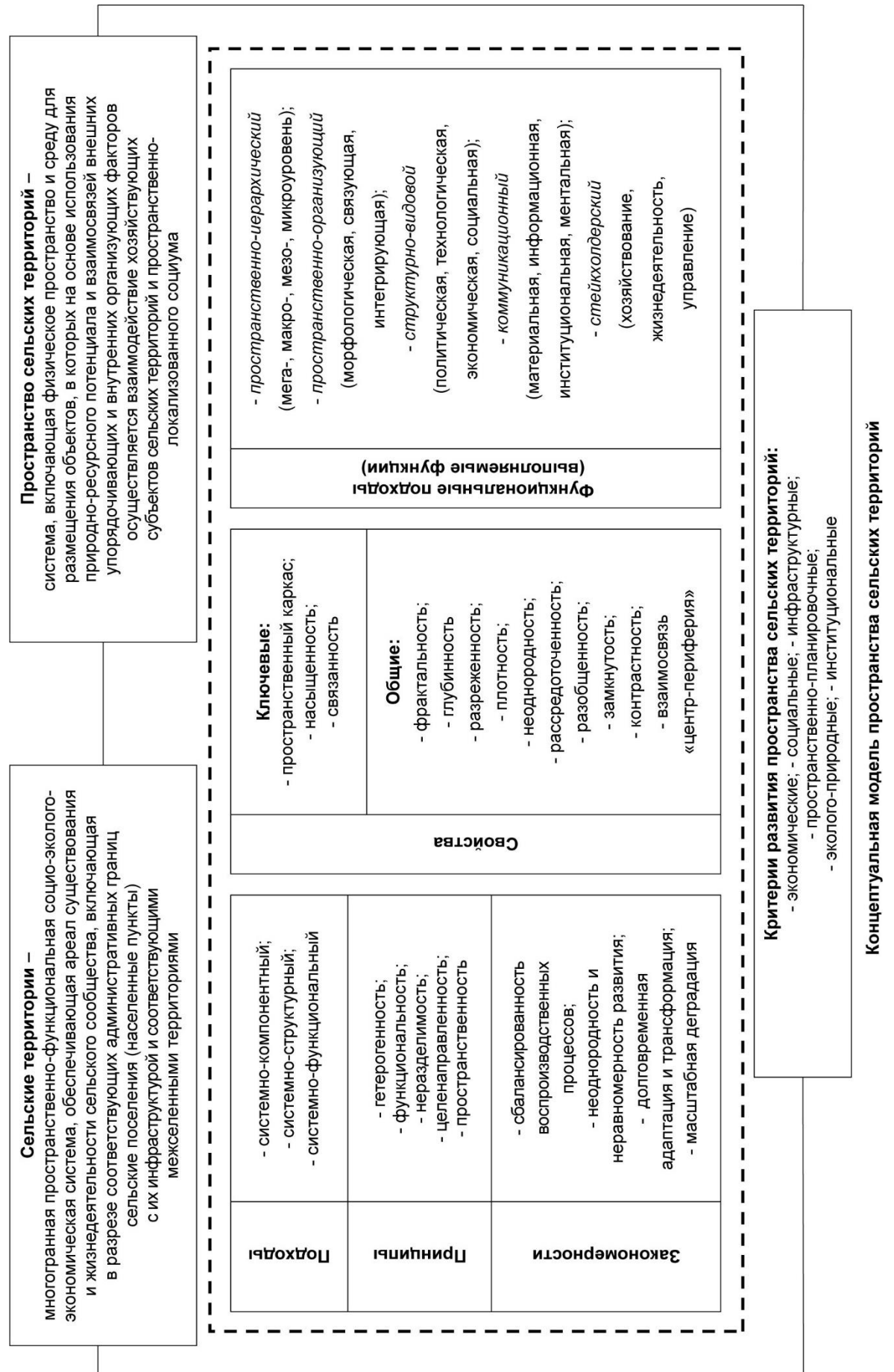
Несмотря на то что для пространства свойственна относительная прерывность, различные объекты, и особенно экономические, размещены дискретно. Быстрые качественные изменения и территориальная подвижность составляющих элементов, открытость также являются одними из специфических свойств пространства сельских территорий.

Формирование новой концепции пространственного развития за счет перехода от горизонтально-отраслевого к вертикально-комплексному этапу освоения сельского пространства обуславливает детальное изучение подходов к его стратификации, которые можно систематизировать по разным критериям: природе возникновения, идентификационному составу, пространственному охвату, организующему воздействию и др.

Актуальность научных разработок по определению подходов базируется на многовекторности пространства сельских территорий и выполняющих ими функций. Среди основных отметим:

- пространственно-иерархический (мегауровень, макроуровень, мезоуровень, микроуровень);
- пространственно-организующий (морфологическая, связующая, интегрирующая и др.);
- структурно-видовой (политическое, технологическое, экономическое, социальное и др.);
- коммуникационный (материальное, информационное, институциональное, ментальное и др.);
- стейкхолдерский (хозяйствование, жизнедеятельность, управление).

На рисунке представлена концептуальная модель, в которой базовые характеристики сельского пространства не только систематизированы, но и выделены в качестве фундаментальных элементов (подходы, принципы, закономерности, свойства, критерии развития).



В современных реалиях продолжается процесс периферизации сельских территорий, усиливающий поляризацию пространства, где центр противопоставлен большой территории периферии, что сказывается на социально-экономических проблемах и глубине их проявления (низкий уровень плотности и доходов населения, недоступность рынков сбыта, неразвитая инфраструктура и др.). Анализ научной литературы подтверждает, что асимметрия развития пространства сельских территорий детерминирована их центр-периферийным положением, обуславливающим различия в структуре расселения, хозяйствовании и природопользовании.

Системное исследование, затрагивающее взаимодействие центра и периферии, базируется на ретроспективных теориях (геополитические теории периферийной экономики; теории агломерирования, расселения и урбанизации; теории постиндустриальной экономики и информационного общества; теории местного самоуправления; теории экономического пространства и регионального развития). Каждая из теорий в силу четкого разграничения центральных и периферийных территорий позиционируется как совокупность частных аспектов единой концепции развития периферии, что порождает ограничения в системе основополагающих идей и приводит к сужению концептуального поля.

В настоящее время, несмотря на происходящее стирание граней между группами теорий и формирование современных взглядов на понимание явлений и процессов в развитии периферийных территорий, до сих пор учеными-экономистами в понятие центр-периферийных отношений вкладывается различное содержание, но в целом все едины во мнении, что периферийные территории – это структурные компоненты сельского пространства в нецентральной локализации.

Выделение центра и периферии как двух основных элементов пространства по-прежнему осложняется отсутствием и неоднозначностью общепринятых критериев, что же все-таки относится к «центру», а что к «периферии», а также расхождением в подходах к определению уровней («поясов», пространственных зон) периферийности, формирующихся вокруг центра (центральных узлов) в зависимости от расстояния, транспортной доступности, интенсивности связей и функциональной роли. Нет общей точки зрения относительно структурных характеристик периферии. Так, О.В. Бондарская в качестве центральных мест при периферизации выделяет большие города, к периферии относит малые города, а к субпериферии – сельские поселения [3].

Л.Б. Карачурина и Н.В. Мкртчян в трактовке центр-периферийных отношений придерживаются мнения, что периферию можно подразделить на несколько зон по мере удаления от регионального центра. При этом «дальняя периферия» – это административно-территориальные единицы, удаленные на 400 и более км от региональных центров, «периферия» – 100–200 км, «полупериферия» – до 100 км (их объединяет общность рынка труда и наличие трудовой маятниковой миграции) [7].

Интересна позиция А.Я. Троцкого, И.В. Мищенко и О.А. Мищенко, различающих ближнюю периферию первого, второго и третьего порядков, среднюю периферию первого и второго порядков, а также дальнюю периферию. Они предлагают в зависимости от размеров центра в круг ближней периферии для города с числом жителей свыше 1 млн включать поселения, находящиеся в радиусе 70–80 км, для города с населением от 250 тыс. до 1 млн чел. – 50–60 км, для города с населением 100–250 тыс. чел. – 30–40 км и для города с числом жителей менее 100 тыс. чел. – 20–25 км [18].

В целом в научных трудах в отношении критериальных признаков используются разные подходы:

- административный (столицы, региональные и муниципальные центры);
- экономический (инвестиции, плотность экономической деятельности, концентрация предприятий);
- социальный (плотность населения, образование, доступность материальных благ);
- инфраструктурный (транспортные узлы, коммуникации).

Структура периферии в организации пространства также имеет различные типологические основания, что позволяет их классифицировать. Это могут быть уровни, зоны, «пояса», подтипы и др. Что касается конфигурации периферийности, то существует несколько моделей, среди которых отметим основные:

- простая (центр – периферия);
- трехуровневая (центр – периферия – полупериферия);
- многоуровневая (несколько «поясов» или зон в зависимости от убывания влияния центра);
- сетевая (множественность центров в зависимости от динамичности, интенсивности, неравномерности и качества связей).

Проведенный анализ научного обеспечения периферизации показал, что для сельского пространства центрами могут быть территории любого уровня, выполняющие основные административные, экономические и социальные функции (присутствуют развитая инфраструктура, транспортная доступность, самодостаточность), полупериферийными – те, которые, несмотря на влияние центра, сохраняют самостоятельность и имеют инфраструктурную обустроенность. К периферийным относятся территории, удаленные от центров влияния (не интегрированы в районную систему) и имеющие выраженную аграрную специализацию с углубляющимися депопуляционными процессами и слаборазвитой инфраструктурой. И, наконец, маргинальные зоны – глубинная периферия, характеризуется крайней удаленностью и изоляцией, практически полным отсутствием инфраструктуры, функционированием натурального хозяйства, дефицитом постоянной работы и бедностью населения.

В контексте изложенного выше еще раз подчеркнем, что центр-периферийные отношения, особенно на сельских территориях, представляют собой комплексную систему взаимодействий, отражающих три основных компонента: расселение, хозяйствование и природопользование, которые все более усложняются под воздействием множества факторов, одним из которых является административный. Так, принятие Федерального закона № 33-ФЗ от 20.03.2025 «Об общих принципах организации местного самоуправления в единой системе публичной власти» обусловлено в том числе изменениями территориальной организации России за счет реформирования существующей системы муниципального управления. Закон установил переход к одноуровневой системе местного самоуправления при допущении и сохранении двухуровневой структуры в субъектах РФ, обладающих особыми признаками (социально-экономическими, историческими, национальными и др.) [14].

По данным пресс-службы комитета Госдумы по государственному строительству [12], на начало 2026 г. переход на одноуровневую модель местного самоуправления осуществили 34 субъекта РФ, 15 сохранили двухуровневую систему, остальные имеют смешанную систему или находятся в переходной стадии.

Ученые, занимающиеся вопросами пространственного развития, выявили как положительные, так и отрицательные аспекты данного закона. Среди положительных можно выделить:

- заполнение «концептуального вакуума» и разработка основных стратегических направлений развития местного самоуправления в стране;
- объединение в законе всех полномочий в сфере местного самоуправления, которые до этого были рассредоточены в большом количестве правовых актов;
- повышение эффективности управления территориями в результате формирования единой администрации и оптимизации ее структуры;
- снижение затрат на содержание органов местного самоуправления и проведение местных выборов, расширение возможностей привлечения средств государственной поддержки за счет повышения размера минимального софинансирования проектов [1, 8, 15].

Среди негативных отмечены:

- превращение местного самоуправления из самостоятельной формы народовластия в субрегиональное звено публичной власти, включенное в общегосударственную управленческую вертикаль, что обуславливает потерю самостоятельности и возникновение правовых коллизий;
- обострение межнациональных противоречий, так как в ряде регионов поселения не просто являются достаточно автономными муниципальными образованиями, но и способствуют выражению национальной идентичности их населения;
- снижение внимания к проблемам сельских территорий, объективно обусловленное диспропорциями в составе представительных органов, формирующихся пропорционально численности населения крупных и малых поселений;
- ограничение прав граждан на доступ к разнообразным общественно-правовым услугам [16, 17, 19, 20].

В целом следует подчеркнуть, что все аргументы в пользу перехода на одноуровневую систему местного самоуправления носят декларативный характер, поскольку отсутствует какое-либо обоснование ожидаемого экономического и социального эффекта от такого перехода, особенно для села. В то же время в рамках центр-периферийных отношений на сельских территориях при переходе на одноуровневую систему управления могут возникнуть или усугубиться следующие проблемы:

- снижение доступности муниципальных услуг (увеличение расстояния до административного центра для жителей отдаленных сел приведет к росту временных затрат для личного обращения в органы власти с целью получения справок, разрешений и других документов, а особенно ухудшит качество обслуживания пожилых и маломобильных граждан);
- ослабление представительства сельских интересов (сокращение числа депутатов от сельских поселений в едином органе власти из-за принципа формирования округов по численности населения вызовет первоочередное удовлетворение интересов крупных населенных пунктов в принятии решений и снизит возможности отстаивать специфические потребности сельских территорий, например, в объектах инфраструктуры или поддержке сельхозпроизводителей);
- ухудшение оперативности решения локальных проблем (удлинение цепочки согласования решений через административный центр спровоцирует задержки в реагировании на чрезвычайные ситуации и бюрократизацию процедур по текущим вопросам: уборка снега, ремонт дорог и уличного освещения, вывоз мусора и др.);
- непропорциональное распределение бюджетных средств (концентрация финансирования в административном центре или крупных поселениях вызовет сокращение финансирования малых и отдаленных населенных пунктов, уменьшит возможности для инициативного бюджетирования на местах);
- сокращение кадрового потенциала на селе (ликвидация должностей в сельсоветах и сокращение штата повлечет за собой отток квалифицированных специалистов, дефицит местных управленцев с пониманием специфики территории, перегрузку оставшихся сотрудников из-за расширения зон ответственности);
- снижение гражданской активности и доверия к власти (ослабление связи между жителями и органами власти из-за удаленности центра обусловит падение мотивации к участию в местных инициативах и проектах, снижение явки на выборах и уровня общественного контроля, а также появление ощущения «отдаленности» власти и ее нечувствительности к нуждам селян);
- деградация локальной инфраструктуры (долгий процесс согласования послужит причиной замедления темпов строительства и ремонта объектов социальной и инженерной сферы, дорожных путей и коммуникаций);

- усиление демографического оттока (миграция населения в города и крупные села (ближе к центрам получения услуг) приведет к дальнейшему старению населения, депопуляции малых населенных пунктов и их постепенному исчезновению, потере человеческого капитала и трудовых ресурсов на селе);

- нарушение сложившихся горизонтальных связей (ослабление межселенного взаимодействия и кооперации явится причиной утраты локальных традиций совместного решения проблем, снижения ролей неформальных лидеров и активистов, фрагментации сельского сообщества);

- рост социальной напряженности (недовольство жителей из-за снижения качества услуг и доступности власти послужит основой усиления конфликтов между поселениями за ресурсы и внимание администрации, поднимет протестные настроения и увеличит количество обращений в вышестоящие инстанции, усилит ощущение «несправедливости» по отношению к сельским территориям).

Таким образом, характерной чертой сельского пространства стали процессы периферизации. Для смягчения негативных последствий для каждого региона в разрезе периферийности сельских территорий первостепенной задачей должно стать сохранение баланса жизнеспособности отдаленных территорий за счет выявления и рационального использования пространственно-ресурсного потенциала (неиспользуемые земли, объекты инфраструктуры, местные природно-культурные ресурсы и др.), а также дифференцированный подход со стороны органов власти в целях минимизации возникающих дисбалансов.

К приоритетным направлениям поддержки и развития сельского пространства с учетом центр-периферийных отношений следует отнести:

- закрепление в стратегических документах регионального уровня особого статуса периферийных территорий и механизмов практической помощи;

- типологизацию с целью определения по заданному критерию уровня периферии (ближняя, средняя, дальняя);

- повышение инфраструктурной обеспеченности и доступности (транспортная сеть, цифровая инфраструктура и др.);

- диверсификацию сельской экономики за счет развития несельскохозяйственных видов деятельности;

- усиление межтерриториального и межрегионального взаимодействия с акцентом на локальное развитие «опорных точек»;

- социальную поддержку и создание необходимых условий для закрепления населения в сельской местности;

- расширение полномочий и возможностей местных органов власти, а также стимулирование инициатив посредством эффективного управления и развития институтов гражданского общества.

---

**Список источников**

1. Асафов А. Организация местного самоуправления [Электронный ресурс] // Assafov.RU. Политические процессы простыми словами. Дата публикации: 25 сентября 2025 г. URL: <https://asafov.ru/laws-russia/organizaciya-mestnogo-samoupravleniya> (дата обращения: 22.05.2026).
  2. Бияков О.А. Экономическое пространство: сущность, функции, свойства // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2004. № 2. С. 101–108.
  3. Бондарская О.В. Совершенствование организационно-методического инструментария социально-экономического развития малого города: автореферат дис. ...канд. экон. наук: 08.00.05. Тамбов: 2013. 25 с.
  4. Гранберг А.Г. Основы региональной экономики: учебник для вузов. Москва: ГУ ВШЭ, 2000. 492 с.
  5. Закшевский В.Г., Меренкова И.Н., Макин Г.И. и др. Мониторинг экономического пространства сельских территорий с учетом реализации интересов населения: монография. Воронеж: Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева, 2024. 170 с.
  6. Зобова Л.Л. Территория и пространство: близнецы или двойняшки? // Региональная экономика: теория и практика. 2008. № 33. С. 6–12.
-

7. Карачурина Л.Б., Мкртчян Н.В. Центро-периферийные взаимодействия в регионах России – анализ на основе компонентов динамики численности населения низовых АТЕ за последний межпереписной период // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. 2010. Т. 8. С. 644–663.
8. Клишас А.А. Местное самоуправление в системе публичного управления как основа представительной власти // Межпарламентское сотрудничество как фактор развития представительной власти: сборник материалов специальной секции Государственного Совета Республики Татарстан в рамках IV Казанского международного юридического форума (Казань, 3–4 октября 2025 г.). Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2026. С. 94–100.
9. Косолапов Н.А. Глобализация: территориально-пространственный аспект // Мировая экономика и международные отношения. 2005. № 6. С. 3–13.
10. Меренкова И.Н. Сбалансированное развитие сельских территорий как пространственных систем // Управление инновационным развитием агропродовольственных систем на национальном и региональном уровнях: материалы VII Международной научно-практической конференции в рамках Десятилетия науки и технологий в РФ (Воронеж, 15–16 октября 2025 г.). Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2025. С. 285–288.
11. Митрофанова И.В. К Вопросу о сущности экономического пространства // Региональная экономика: теория и практика. 2008. № 8. С. 2–10.
12. Мухаметшина Е. На одноуровневую модель МСУ не перешли 15 регионов [Электронный ресурс] // Сетевое издание Ведомости. Дата публикации: 13 марта 2026. URL: <https://clck.ru/3TALWL/> (дата обращения: 22.05.2026).
13. Николаева О.В. Понятие концептуального пространства в методологии языкознания // Личность. Культура. Общество. 2011. Т. 13, вып. 2(6364). С. 186–196.
14. Об общих принципах организации местного самоуправления в единой системе публичной власти: Федеральный закон от 20.03.2025 № 33-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_501319/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_501319/) (дата обращения: 22.05.2026).
15. Пензиев М. Реформа МСУ без стратегии: почему Президенту пришлось вмешаться в процесс постфактум [Электронный ресурс] // Закон.ru. Дата публикации: 29.09.2025. URL: <https://clck.ru/3TB4GF/> (дата обращения: 22.05.2026).
16. Пензиев М. Реформа МСУ и доступ к правосудию: как оптимизация муниципалитетов приводит к ликвидации судов [Электронный ресурс] // Закон.ru. Дата публикации: 18.11.2025. URL: <https://clck.ru/3TAhMS/> (дата обращения: 22.05.2026).
17. Пешин Н.Л. Реформа местного самоуправления в России 2025 года: переход к модели единой публичной власти // Северо-Кавказский юридический вестник. 2026. № 1. С. 19–28.
18. Троцкий А.Я., Мищенко И.В., Мищенко О.А. Пространственное развитие сельской периферии: методология и основные результаты исследования // Региональная экономика: теория и практика. 2014. № 45. С. 2–16.
19. Фарид Мухаметшин рассказал о рисках перехода на одноуровневую систему МСУ [Электронный ресурс] // Татар-информ. Дата публикации: 22 марта 2025 г. URL: <https://www.tatar-inform.ru/news/farid-muxametsin-rasskazal-o-riskax-perexoda-na-odnourovnevuyu-sistemu-msu-5977757> (дата обращения: 22.05.2026).
20. Шургина Е.С. Читаем новый федеральный закон о местном самоуправлении // Журнал Бюджет. 2025. № 6. С. 58–61.
21. Юхимец А.К. Физическое пространство и движение материи в нем [Электронный ресурс] // Новые идеи и гипотезы. URL: <http://new-idea.kulichki.net/pubfiles/100326175352.pdf> (дата обращения: 22.05.2026).
22. Delaney D. Territory and Territoriality // International Encyclopedia of Human Geography. 2009. Vol. 11. Pp. 196–208.
23. Elden S. Thinking Territory Historically // Geopolitics. 2010. Vol. 15(4). Pp. 757–761. DOI: 10.1080/14650041003717517.
24. Growing Regions, Growing Europe – Fourth report on economic and social cohesion / European Commission. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2007. 222 p.

## References

1. Asafov A. Organization of local self-government. Assafov.RU Website. Political processes in simple words. Publication date: September 25, 2025. URL: <https://asafov.ru/laws-russia/organizaciya-mestnogo-samoupravleniya>. (In Russ.).
2. Biyakov O.A. Economic space: essence, functions, properties. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*. 2004;2:101-108. (In Russ.).
3. Bondarskaya O.V. Improvement of organizational and methodological tools for the socio-economic development of a small town: Author's Abstract of Candidate Dissertation in Economic Sciences: 08.00.05. Tambov; 2013. 25 p. (In Russ.).
4. Granberg A.G. Fundamentals of regional economics: textbook for universities. Moscow: State University – Higher School of Economics Publishers; 2000. 492 p. (In Russ.).
5. Zakshevskii V.G., Merenkova I.N., Makin G.I. et al. Monitoring the economic space of rural territories, taking into account the realization of the interests of the population. Voronezh: Voronezh Federal Agrarian Scientific Center named after V.V. Dokuchaev Publishers; 2024. 170 p. (In Russ.).
6. Zobova L.L. Territory and space: twins or fraternal twins? *Regional economics: theory and practice*. 2008;33:6-12. (In Russ.).



7. Karachurina L.B., Mkrtchyan N.V. Central-Peripheral interactions in Russian regions – Analysis derived from the components of population dynamics in the low-level ATU for the latest inter-census period. *Scientific Articles - Institute of Economic Forecasting Russian Academy of Sciences*. 2010;8:644-663. (In Russ.).
8. Klishas A.A. Local self-government in the public administration system as the basis of representative government. In: Interparliamentary cooperation as a factor in the development of representative government: Proceedings of the Special Section of the State Council of the Republic of Tatarstan within the framework of the IV Kazan International Law Forum. Kazan: Kazan (Volga Region) Federal University Publishers; 2026:94-100. (In Russ.).
9. Kosolapov N.A. Globalization: territorial and spatial aspect. *World economy and international relations*. 2005;6:3-13. (In Russ.).
10. Merenkova I.N. Balanced development of rural territories as spatial systems. In: Management of innovative development of agro-food systems at the national and regional levels: Proceedings of the VII International Research-to-Practice Conference within the framework of the Decade of Science and Technology in the Russian Federation (Voronezh, October 15-16, 2025). Voronezh: Voronezh State Agrarian University Publishers; 2025:285-288. (In Russ.).
11. Mitrofanova I.V. Revisiting the essence of economic space. *Regional economics: theory and practice*. 2008;8:2-10. (In Russ.).
12. Mukhametshina E. Fifteen regions have not switched to the single-level model of local self-government. Online media Vedomosti. Publication date: March 13, 2026. URL: <https://clck.ru/3TALWL/>. (In Russ.).
13. Nikolaeva O.V. The concept of conceptual space in the methodology of linguistics. *Person. Culture. Society*. 2011;13(2):186-196. (In Russ.).
14. Concerning general principles of the organization of local self-government in the unified system of public authority: Federal Law of 20.03.2025 No. 33-FZ. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_501319/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_501319/). (In Russ.).
15. Penziev M. Reform of local self-government without strategy: why the President had to intervene in the process after the fact. Zakon.ru Website. Publication date: 29.09.2025. URL: <https://clck.ru/3TB4GF/>. (In Russ.).
16. Penziev M. Reform of local self-government and access to justice: how the optimization of municipalities leads to the liquidation of courts. Zakon.ru Website. Publication date: 18.11.2025. URL: <https://clck.ru/3TAhMS/>. (In Russ.).
17. Peshin N.L. The 2025 local self-government reform in Russia: transition to a unified public power model. *North Caucasian Legal Vestnik*. 2026;1:19-28. (In Russ.).
18. Trotskovsky A.Ya., Mishchenko I.V., Mishchenko O.A. Spatial development of rural periphery: methodology and main research results. *Regional economics: theory and practice*. 2014;45:2-16. (In Russ.).
19. Farid Mukhametshin briefed on the risks of switching to a single-level local self-government system. Tatar-inform Website. Publication date: March 22, 2025. URL: <https://clck.ru/3TB3X/>. (In Russ.).
20. Shugrina E.S. Studying the new federal law on local self-government. *Budget Journal*. 2025;6:58-61. (In Russ.).
21. Yukhimets A.K. Physical space and the motion of matter in it. New ideas and hypotheses. URL: <http://new-idea.kulichki.net/pubfiles/100326175352.pdf>. (In Russ.).
22. Delaney D. Territory and Territoriality. *International Encyclopedia of Human Geography*. 2009;11:196-208.
23. Elden S. Thinking Territory Historically. *Geopolitics*. 2010;15(4):757-761. DOI: 10.1080/14650041003717517.
24. Growing Regions, Growing Europe – Fourth report on economic and social cohesion / European Commission. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities; 2007. 222 p.

#### Информация об авторе

И.Н. Меренкова – доктор экономических наук, профессор, заслуженный экономист России, зав. отделом управления АПК и сельскими территориями Научно-исследовательского института экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-Черноземного района – филиала ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр имени В.В. Докучаева», [upr-nii@yandex.ru](mailto:upr-nii@yandex.ru).

#### Information about the author

I.N. Merenkova, Doctor of Economic Sciences, Professor, Honored Economist of Russia, Head of the Dept. of Administration of the AIC and Rural Territories, Research Institute of Economics and Organization of Agro-Industrial Complex of the Central Chernozem Region – Branch of Voronezh Federal Agricultural Scientific Centre named after V.V. Dokuchaev, [upr-nii@yandex.ru](mailto:upr-nii@yandex.ru).

Статья поступила в редакцию 05.06.2026; одобрена после рецензирования 22.06.2026; принята к публикации 28.06.2026.

The article was submitted 05.06.2026; approved after reviewing 22.06.2026; accepted for publication 28.06.2026.

© Меренкова И.Н., 2026

### 5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА (ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 332.14

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2026\_2\_130

EDN: QGRSCD

#### **Промышленная политика технологической самодостаточности РФ: цели и ресурсы реализации в индустриальных регионах**

**Наталья Юрьевна Коротина<sup>1✉</sup>, Ирина Валентиновна Данилова<sup>2</sup>,  
Анжелика Викторовна Карпушкина<sup>3</sup>, Виктория Павловна Деева<sup>4</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

<sup>1</sup> nkorotina@susu.ru<sup>✉</sup>

**Аннотация.** Анализируется промышленная политика регионов, основным вектором которой является достижение РФ технологического лидерства и создание условий для самодостаточного развития страны в части инноваций, технологий, расширенного воспроизводства. В качестве объекта выбраны индустриальные регионы, специализирующиеся на обрабатывающей промышленности. При выполнении исследования, базирующегося на теории открытой экономики, концепции промышленного суверенитета и технологизации производства, применялись методы территориальной компоновки, систематизации, коэффициентного анализа. Разработан методический подход применения целевых и ресурсных показателей развития промышленности регионов для оценки технологического продвижения и достижения технологической самостоятельности; использованы показатели технологичности экспорта и импорта как индикаторы достигнутого уровня внешней независимости индустрии. Межрегиональные сравнения позволили выявить позитивную динамику параметров в половине индустриальных регионов. Предложен и апробирован комплекс показателей ресурсной обеспеченности промышленности, включающий кадровые, инвестиционные, бюджетные и технологические ресурсы. Показана значительная неоднородность региональных ситуаций, выявлены общая для всех субъектов РФ проблема недостаточности кадровых ресурсов, дифференциация направлений бюджетных инвестиций в промышленность, отличия в активности использования территориальных преференций, режимов поддержки бизнеса, в комплексе определяющих неравномерность технологического развития (в 38% регионов ресурсная поддержка способствовала повышению технологичности, в 33% результативность отдачи от примененных мер неочевидна). Результаты исследования позволяют совершенствовать систему мониторинга реализации национальных целей развития в части задействованности регионов в достижении технологического лидерства страны, оценки и прогнозирования обеспеченности ресурсами, создают аналитическую основу корректировки стратегий и программ индустриального сектора регионов.

**Ключевые слова:** промышленная политика, технологическая самодостаточность, технологичность промышленности, ресурсная обеспеченность, институциональная поддержка промышленности

**Финансирование:** работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда № 25-18-20044 и при финансовой поддержке Правительства Челябинской области, <https://rscf.ru/project/25-18-20044/> (аналитическое исследование в рамках гранта РНФ – исполнители Данилова И.В., Коротина Н.Ю., Деева В.П.; данные Карпушкиной А.В., полученные в рамках сотрудничества в инициативном порядке, предоставлены на безвозмездной основе).

**Для цитирования:** Коротина Н.Ю., Данилова И.В., Карпушкина А.В., Деева В.П. Промышленная политика технологической самодостаточности РФ: цели и ресурсы реализации в индустриальных регионах // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, 2(89). С. 130–148. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_130-148](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_130-148).

### 5.2.3 REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS (ECONOMIC SCIENCES)

Original article

#### **Industrial policy of technological self-sufficiency of the Russian Federation: goals and resources for implementation in industrial regions**

**Natalia Yu. Korotina<sup>1✉</sup>, Irina V. Danilova<sup>2</sup>,  
Anzhelika V. Karpushkina<sup>3</sup>, Victoria P. Deeva<sup>4</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4</sup> South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

<sup>1</sup> nkorotina@susu.ru<sup>✉</sup>

**Abstract.** The authors consider regional industrial policy of the Russian Federation, the main focus of which is achieving technological leadership for the country and creating conditions for self-sufficient development in terms of innovation, technology, and expanded reproduction. Industrial regions specializing in the manufacturing sector have been selected as study object. In carrying out the research based on the theory of the open economy, the concept of industrial sovereignty and the technologisation of production, the methods of territorial arrangement, systematization, and ratio analysis were used. A methodological approach has been developed for applying target and resource indicators of regional industrial development to assess technological advancement and achieve technological independence; indicators of technological effectiveness of exports and imports have been used as indicators of the achieved level of external industry independence. Inter-regional comparisons revealed the positive dynamics of the parameters in half of the industrial regions. A set of indicators of industrial resource security, including human, investment, budgetary and technological resources, has been proposed and tested. The significant heterogeneity of regional situations is shown, the problem of insufficient human resources is revealed, which is common to all subjects of the Russian Federation. The authors also defined that the differentiation of budget investment directions in industry, differences in the activity of using territorial preferences, business support regimes collectively determine the unevenness of technological development (in 38% of regions, resource support contributed to an increase in technological efficiency, in 33% the effectiveness of returns from applied measures was not obvious). The results of the study make it possible to improve the monitoring system for the implementation of national development goals in terms of regional participation in achieving the country's technological leadership, assessing and predicting resource availability, and creating an analytical basis for adjusting strategies and programs of the industrial sector of the regions.

**Keywords:** industrial policy, technological self-sufficiency, technological efficiency of industry, resourcing, institutional support for industry

**Funding:** the research was supported by the Russian Science Foundation, Project No. 25-18-20044 and by the Government of Chelyabinsk Oblast, <https://rscf.ru/project/25-18-20044/> (analytical study within the framework of the Russian Science Foundation Project was performed by Danilova I.V., Korotina N.Yu., Deeva V.P.; data of Karpushkina A.V., obtained in the framework of cooperation on an initiative basis, were provided free of charge).

**For citation:** Korotina N.Yu., Danilova I.V., Karpushkina A.V., Deeva V.P. Industrial policy of technological self-sufficiency of the Russian Federation: goals and resources for implementation in industrial regions. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(2):130-148. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_130-148](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_130-148).

**Введение**  
Поиск стратегических направлений развития и действенных инструментов преодоления экономических проблем, обусловленных международной нестабильностью, санкционной политикой и разрывом устоявшихся торговых связей, определили вектор изменений, направленный на трансформацию промышленного сектора стран и регионов. Активный переход к цифровизации и интеллектуализации [31], умной индустрии (Smart Manufacturing) [26], возобновляемой энергетике [20], «зеленой» повестке и ужесточению экологических норм детерминировал актуальность «возрождения» промышленности, приоритизацию и поддержку стратегических отраслей: Industrie 4.0 (Индустрия 4.0) в Германии [39] и Японии [34], Advanced Manufacturing Partnership (Партнерство в сфере передового промышленного производства) в США [36], Building Our Industrial Strategy (Разработка промышленной стратегии) в Великобритании [37].

Геоэкономические сдвиги, процессы новой индустриализации (неоиндустриализации) [6], отставание от технологических лидеров детерминировали уязвимость ситуации высокой специализации и интегрированности стран в международную экономику, необходимость снижения внешнеторговой зависимости и перехода к промышленному суверенитету [28]. Новые цели промышленной политики [24] определены как создание производственных мощностей, собственных технологий и инноваций, обеспечивающих развитие стратегических и флагманских секторов [29]. «Новая промышленная политика» стала ответом на системные внешние риски, обеспечила структурные изменения и переход к активному импортозамещению, росту производства и экспорта технологичных товаров и услуг, масштабной государственной поддержке стратегических и критических отраслей [30], субсидированию промышленного производства [25].

В условиях геоэкономической фрагментации [27], сокращения открытости [29] наблюдаются перезагрузка мировых технологических рынков, релокализация и reshoring производства [38], реализуется промышленная парадигма суверенности и технологической самодостаточности. В России в силу неоднородности и пространственной распределенности промышленного комплекса особый интерес представляет процесс повышения технологического уровня субъектов РФ. В качестве объектов исследования выбраны 42 индустриальных российских региона, специализирующихся на производстве продукции обрабатывающей промышленности.

### Теория

Основная дилемма современной промышленной политики заключается, с одной стороны, в поиске баланса между открытостью экономики, сохранением конкурентоспособности продукции, устойчивостью позиции страны в глобальной экономике, а с другой – в необходимости формирования промышленного суверенитета, к составляющим которого относят технологический суверенитет [16], энергетическую самодостаточность [1], обеспеченность суверенной критической инфраструктурой [17] и др.

Вызовы национальной безопасности [19] актуализировали поиск направлений «возрождения» промышленности в развитых и развивающихся странах с фокусом на рост технологического уровня отечественных отраслей, повышение международной конкурентоспособности индустриальных товаров [18], спецификации приоритетов и мер поддержки [33].

Ключевыми ориентирами преобразования промышленности [22] являются диверсификация производственной базы, наращивание промышленных компетенций и переход от низкотехнологичных видов деятельности к высокотехнологичным и наукоемким [35] (химическая промышленность, машиностроение, электрооборудование, транспортное оборудование и др.).

В РФ реализация промышленной политики в ситуации высокой пространственной неоднородности дезагgregирована в территориальном разрезе и связана с необходимостью разграничения технологических и инновационных функций между федеральным центром и регионами, а также между индустриальными регионами для ускоренного развития системообразующих и стратегических сфер экономики.

Обновление промышленности в мировой экономике реализуется по-разному:

а) США вводят ограничивающие тарифы на импорт, применяют государственное финансирование процессов локализации производственных мощностей, связанных с выпуском критически важных товаров для снижения технологической зависимости от поставок из стран Азии (Закон о чипах и науке – CHIPS for America (CHIPS и Science Act, 2022) [8];

б) КНР ориентирована на достижение глобального технологического лидерства на основе развития инноваций в ключевых секторах, включая искусственный интеллект, робототехнику и электромобили [32];

в) Европейский союз стремится укрепить стратегические отрасли и технологическую конкурентоспособность, провести реиндустриализацию при активной финансовой поддержке бюджета ЕС [21].

В РФ разработан комплекс мер федеральной поддержки, представленных на цифровой платформе «Государственная информационная система промышленности (ГИСП)» [9], реализуются отраслевые стратегии развития и программы регионов. В то же

время актуальным является мониторинг результатов изменений технологической самодостаточности промышленности [25] и аккумулирование данных по финансированию мер поддержки [23], компаративистика эластичности роста целевых показателей и привлеченных ресурсов промышленности, оценка неиспользованных резервов и факторов динамизации.

Прикладным решением является мониторинг на основе особой информационной платформы (может быть реализовано разработкой частного модуля системы ГАС «Управление») для систематизации данных, определения тенденций достижения индикаторов целей и достаточности ресурсной поддержки, эффективности промышленной политики. В европейских странах таким решением явилось создание Новой обсерватории промышленной политики (NIPO – New Industrial Policy Observatory) [25], агрегирующей данные по масштабам стимулирования индустрии: инвестициям, налоговым льготам, государственным закупкам, кредитам и гарантиям, субсидированию процессов локализации и др.

На наш взгляд, своевременной является разработка ключевых индикаторов повышения технологичности промышленности при сохранении преимуществ открытой экономики и взаимовыгодной торговли с зарубежными странами, что отвечает национальным целям РФ – технологическому лидерству и технологической независимости в глобальной экономике [3]. Достижение цели предполагает не только аналитику реальных сдвигов технологичности, но и агрегированную оценку всех компонентов ресурсной поддержки промышленности, разработку методического инструментария для мониторинга технологического развития.

#### **Методика**

Переход к промышленной и технологической самодостаточности предполагает конкретизацию направлений анализа и метрик оценки, в первую очередь – формирование индикаторов, характеризующих изменение технологичности промышленности, адаптированных для экономики регионов и учитывающих постиндустриальные изменения в странах мировой экономики. В указанном контексте целесообразным является применение комплекса таких показателей, как масштабы выпуска технологичной продукции, технологий и услуг технологического характера в экспорте и импорте, которые являются ориентиром при анализе сдвигов и изменений внешней независимости и внутренней технологической самодостаточности. Также необходима оценка ресурсов (трудовых, технологических, инвестиционных и бюджетных, институциональной инфраструктуры), аккумулируемых промышленностью для реализации целевых ориентиров.

Объект исследования – индустриальные регионы с концентрацией отраслевой структуры на обрабатывающих производствах, являющиеся основными несырьевыми экспортёрами в разрезе с 84–90 товарных групп по ТНВЭД ЕАЭС: «Машины, оборудование и механизмы, инструменты, аппараты их части и принадлежности», в том числе реакторы ядерные, котлы, механические устройства, электрические машины и оборудование, средства наземного транспорта, железнодорожного, трамвайного подвижного состава, путевое оборудование и устройства, летательные и космические аппараты, плавучие средства и др.

В качестве индикаторов для мониторинга повышения технологичности промышленности применены частные показатели (табл. 1), учитывающие требования, связанные с необходимостью оценки и технологического лидерства (в том числе в экспорте), и технологической независимости (в том числе от импорта индустриальных товаров).

Таблица 1. Целевые показатели повышения технологичности промышленности регионов

| Количественный показатель                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Характеристика параметра оценки                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Коэффициент технологического экспорта – доля машин, оборудования и транспортных средств в общей величине регионального экспорта:<br>$K_{тэ} = \frac{\text{Экспорт технологичной продукции}}{\text{Экспорт}} \cdot 100\%$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Более высокие значения коэффициента означают более высокий уровень производственных возможностей и лучшие условия для технологического развития                                              |
| 2. Коэффициент технологического импорта – доля машин, оборудования, механизмов, инструментов в общей величине регионального импорта:<br>$K_{ти} = \frac{\text{Импорт технологичной продукции}}{\text{Импорт}} \cdot 100\%$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Чем выше значение коэффициента технологического импорта, тем внешняя зависимость региона от поставок машин и оборудования выше                                                               |
| 3. Коэффициент соотношения экспорта и импорта технологичной продукции:<br>$\text{ЭИТП} = \frac{\text{Экспорт технологичной продукции}}{\text{Импорт технологичной продукции}}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Технологическое развитие предполагает повышение внешней конкурентоспособности и снижение внешней зависимости без потери статуса участника внешнеторговых и кооперационных взаимодействий     |
| 4. Коэффициент соотношения экспорта и импорта технологий и услуг технического характера:<br>$\text{ЭИТ} = \frac{\text{Экспорт технологий}}{\text{Импорт технологий}}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | В регионе с высоким уровнем экспорта технологий и услуг технического характера, превышающим аналогичный показатель импорта, интерпретируется как позиция повышения технологического развития |
| <p>Сравнение позиций регионов в процессе формирования промышленной самодостаточности проведено на основе метода отклонений от бенчмарка: <math>\delta_i = \frac{x_i - x_b}{x_b}</math>,</p> <p>где <math>x_i</math> – региональное значение; <math>x_b</math> – пороговое значение бенчмарка (для коэффициента <math>K_2</math>: <math>\delta_i = \frac{x_b - x_i}{x_b}</math>).</p> <p>Бенчмарком выступает условный регион.</p> <p>Отклонения регионов от пороговых значений разграничены по средней величине отклонений по четырем показателям целей частных, выделена шкала для классификации позиции технологического развития регионов:</p> <p><math>\delta \in [-1; -0,7)</math> – регионы с низкими параметрами технологического развития;</p> <p><math>[-0,7; -0,5)</math> – регионы с недостаточными параметрами технологического развития;</p> <p><math>[-0,5; 0)</math> – регионы с минимальными отклонениями от условного региона;</p> <p>выше 0 – регионы с наилучшими на данный момент позициями в технологическом развитии</p> |                                                                                                                                                                                              |

Следует отметить, что в экономических публикациях нет консенсуса по поводу величины целевых параметров технологической самодостаточности, соответственно, количественные метрики пока находятся в стадии научной и методической разработки. Сравнение развитых и развивающихся стран (табл. 2) показывает, что в целом развивающиеся страны характеризуются более низким уровнем всех показателей, что связано с ресурсной ориентированностью промышленности и начальным этапом перехода к постиндустриальному развитию. В РФ ситуация обусловлена дополнительными неблагоприятными факторами, такими как торговые санкции, внешние инвестиционные и финансовые ограничения.

Таблица 2. Технологичность экспорта и импорта стран в 2021 г.

| Страна                      | Ктэ  | Кти  | ЭИТП | Страна                           | Ктэ         | Кти         | ЭИТП       |
|-----------------------------|------|------|------|----------------------------------|-------------|-------------|------------|
| <b>Развитые экономики</b>   |      |      |      | <b>Развивающиеся экономики</b>   |             |             |            |
| Великобритания              | 32,3 | 30,6 | 1,1  | Китай                            | 48,2        | 37,5        | 1,3        |
| Германия                    | 44,6 | 34,5 | 1,3  | Индия                            | 17,3        | 20,8        | 0,8        |
| Япония                      | 55,4 | 28,1 | 2,0  | Мексика                          | 57,9        | 43,0        | 1,3        |
| Канада                      | 20,1 | 39,5 | 0,5  | Бразилия                         | 9,3         | 34,0        | 0,3        |
| США                         | 30,7 | 39,8 | 0,8  | ЮАР                              | 18,0        | 30,7        | 0,6        |
| Франция                     | 33,0 | 33,5 | 1,0  | Россия                           | 6,6         | 49,3        | 0,2        |
| Средняя по развитым странам | 36,0 | 34,3 | 1,1  | Средняя по развивающимся странам | 26,2        | 35,9        | 0,8        |
| Средняя по всем странам     | 31,2 | 34,4 | 0,9  | Средняя по всем странам без РФ   | <b>33,1</b> | <b>33,8</b> | <b>0,9</b> |

Источник: Ктэ, Кти, ЭИТП рассчитаны авторами по зарубежным странам по данным [7]; по России – по данным [2].

Разный уровень развития, отличия специализации регионов и степени вовлеченности в экспортно-импортные операции не позволяют опираться на данные конкретного субъекта РФ как эталона, при этом повышение технологической самодостаточности относится к стратегической цели развития промышленности в целом, и в силу этого авторами определены «пороговые» значения каждого из трех показателей как ориентиров технологического развития. Для оценки сдвигов использован кейс условного региона-бенчмарка, характеризующегося значением показателей целей на уровне «пороговых». Такая определенность эталона позволяет с учетом неоднородности отраслевой структуры и отличий потенциалов субъектов РФ рассматривать уменьшение отклонений от «пороговых» значений как реальный результат технологических сдвигов с учетом сложившейся сферы специализации региона.

Пороговые значения рассчитаны как средние по данным развитых и развивающихся стран без учета РФ (по фактическим данным таблицы 2), то есть по таким показателям, как: а) технологичный экспорт – 33,1; б) технологичный импорт – 33,8.

При этом «пороговым» значением соотношения экспорта и импорта технологичной продукции и технологий принято значение, равное 1.

С целью получения системной оценки технологического продвижения субъектов РФ мониторинг отклонений фактических показателей регионов от параметров условного региона-бенчмарка дополнен аналитическим анализом ресурсной поддержки, выполняемым по выделенным четырем группам показателей ресурсов:

а) кадровые – занятость и производительность труда в обрабатывающей промышленности;

б) инвестиционные – активность экономических субъектов в регионах, в том числе емкость инвестиций в машины и оборудование в промышленности;

в) бюджетные – масштаб участия органов государственной власти через механизмы налоговых льгот, адресных инвестиций;

г) технологические – используемые передовые производственные технологии, уровень автоматизированного управления промышленным производством.

Частные показатели по каждой из четырех групп представлены в таблице 3.

**Таблица 3. Группы показателей ресурсов развития промышленности регионов**

| Группы показателей | Частные показатели                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| КО<br>( $R_K$ )    | $R_1$ – доля занятых в обрабатывающих производствах в общей численности занятых                                                                                                                                                                                                                        |
|                    | $R_2 = \frac{\text{Производительность труда в обрабатывающей промышленности: Объем отгрузки предприятий обрабатывающей промышленности}}{\text{Среднесписочная численность сотрудников предприятий обрабатывающей промышленности}}$                                                                     |
| ИО<br>( $R_I$ )    | $R_3$ – доля инвестиций в обрабатывающую промышленность в общем объеме инвестиций                                                                                                                                                                                                                      |
|                    | $R_4$ – инвестиции в расчете на одного занятого обрабатывающей промышленности                                                                                                                                                                                                                          |
|                    | $R_5$ – доля инвестиций в машины и оборудование                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                    | $R_6 = \frac{\text{Инвестиционная емкость обрабатывающей промышленности: Объем инвестиций в основной капитал обрабатывающей промышленности}}{\text{Объем отгрузки предприятий обрабатывающей промышленности}}$                                                                                         |
| БО<br>( $R_B$ )    | $R_7$ – бюджетная емкость обрабатывающей промышленности (рассчитывается по объему бюджетных инвестиций в основной капитал обрабатывающей промышленности):<br>$R_7 = \frac{\text{Бюджетные вложения в обрабатывающую промышленность}}{\text{Объем отгрузки предприятий обрабатывающей промышленности}}$ |
|                    | $R_8 = \frac{\text{Емкость налоговых расходов [14]: Объем налоговых расходов субъекта РФ}}{\text{Объем отгрузки предприятий обрабатывающей промышленности}}$                                                                                                                                           |
| ТО<br>( $R_T$ )    | $R_9 = \frac{\text{Производительность технологий в обрабатывающей промышленности: Объем отгрузки предприятий обрабатывающей промышленности}}{\text{Используемые передовые производственные технологии}}$                                                                                               |
|                    | $R_{10}$ – доля организаций, использующих специальные программы управления автоматизированным производством                                                                                                                                                                                            |

Примечание: КО – кадровая обеспеченность; ИО – инвестиционная обеспеченность; БО – бюджетная обеспеченность; ТО – технологическая обеспеченность.

Все частные показатели нормализованы, что обеспечивает статистическую сопоставимость при сравнении, репрезентативность результатов и нивелирует эффект разного масштаба регионов. В рамках системного подхода предложен интегральный показатель ресурсной обеспеченности, для определения которого:

1) сформированы групповые показатели (кадровые, инвестиционные, бюджетные, технологические) методом масштабирования признаков MinMaxScaler [5]; частные показатели каждого вида ресурсов агрегированы в групповой (на основе расчета средней арифметической величины всех показателей группы:  $R_{K(И, Б, Т)} = \frac{\sum R_i}{n}$ );

2) интегральный показатель определен как средняя геометрическая величина групповых показателей:  $I_p = \sqrt[4]{R_K \cdot R_{И} \cdot R_{Б} \cdot R_{Т}}$ , при этом переход от метода арифметического усреднения к геометрическому обусловлен преимуществом в части аналитической точности интерпретации результатов: низкие значения хотя бы по одному из видов ресурсов приводят к снижению интегрального показателя, то есть исключен компенсаторный эффект за счет высоких показателей по другим группам ресурсов. С учетом нормирования данных интегральный показатель ( $I_p$ ) принимает значения в диапазоне  $[0; 1]$ , то есть чем ближе к единице, тем выше ресурсная обеспеченность.

При классификации регионов принята следующая шкала разграничения по уровням: менее 0,3 – низкая ресурсная обеспеченность; от 0,3 до 0,7 – средняя; более 0,7 – высокая.

Помимо четырех групп ресурсов дополнительным фактором, динамизирующим технологическое развитие, является институциональная инфраструктура регионов:

а) наличие территориальных преференциальных условий (особые экономические зоны, технопарки и индустриальные парки на территории региона);

б) отраслевые меры поддержки промышленности (оценка проведена методом контент-анализа).

### Результаты

Апробация предложенного подхода реализована по данным среднесрочного периода, при этом учитывались следующие обстоятельства:

а) 2019 г. – предпандемийный год и 2021 г. – год перед геополитическими потрясениями и санкциями;

б) с 2022 г. – временно недоступна региональная таможенная статистика;

в) санкции вызвали разнонаправленные структурные сдвиги промышленного производства.

В силу этого для исключения краткосрочных эффектов оценка целевых показателей изменений технологичности проведена за период 2019–2021 гг. (предсанкционный), что связано с необходимостью исключения длительного периода волатильности параметров (периодическими падениями и восстановлением темпов роста в течение 2022–2024 гг.) и отсутствием открытой статистической информации по экспорту/импорту регионов. В силу санкционного давления достижение цели технологической самодостаточности имеет пролонгированный характер, и для объективной оценки трендов необходим длительный период укрепления ресурсной базы, прежде чем проявятся результаты. Именно эти обстоятельства определили отличие временных периодов анализа и применение для оценки ресурсной обеспеченности данных за 2019–2024 гг.

Результирующие данные по индустриальным регионам РФ, характеризующие технологичность промышленности, а именно: коэффициенты технологичного экспорта ( $K_{тэ}$ ), технологичного импорта ( $K_{ти}$ ), соотношения экспорта и импорта технологичной продукции (ЭИТП), технологий и услуг технического характера (ЭИТ), а также среднее отклонение региональных показателей от пороговых значений условного региона-бенчмарка ( $\bar{\delta}$ ) и изменение отклонений (сокращение/рост) за анализируемый среднесрочный период ( $\Delta\bar{\delta}$ ), представлены в таблице 4.



Таблица 4. Частные показатели технологичности промышленности индустриальных регионов

| Субъекты РФ                                            | 2019 г. |        |        |       |                     | 2021 г. |        |        |        |                     | $\Delta \bar{\delta}$ |
|--------------------------------------------------------|---------|--------|--------|-------|---------------------|---------|--------|--------|--------|---------------------|-----------------------|
|                                                        | Ктэ     | Кти    | ЭИТП   | ЭИТ   | $\bar{\delta}_{19}$ | Ктэ     | Кти    | ЭИТП   | ЭИТ    | $\bar{\delta}_{21}$ |                       |
| Белгородская                                           | 6,0     | 40,6   | 0,33   | н/д   | −0,53               | 2,3 ↓   | 31,9 ↑ | 0,25 ↓ | н/д    | −0,55               | −0,02                 |
| Брянская                                               | 30,0    | 46,4   | 0,30   | 0,03  | −0,49               | 27,5 ↓  | 42,7 ↑ | 0,36 ↑ | 0,54 ↑ | −0,35               | 0,14                  |
| Владимирская                                           | 23,0    | 24,7   | 0,35   | 0,06  | −0,44               | 17,7 ↓  | 19,5 ↑ | 0,54 ↑ | 0,09 = | −0,40               | 0,03                  |
| Воронежская                                            | 7,5     | 43,4   | 0,25   | 0,03  | −0,66               | 11,4 ↑  | 54,2 ↓ | 0,29 ↑ | 0,63 ↑ | −0,51               | 0,15                  |
| Ивановская                                             | 40,4    | 49,2   | 0,42   | н/д   | −0,20               | 25,4 ↓  | 54,2 ↓ | 0,29 ↓ | н/д    | −0,42               | −0,22                 |
| Калужская                                              | 29,0    | 76,3   | 0,07   | 0,07  | −0,66               | 29,0 =  | 77,8 ↓ | 0,07 ↑ | 0,04 ↓ | −0,67               | −0,01                 |
| Костромская                                            | 11,1    | 43,5   | 0,60   | 0,11  | −0,53               | 8,5 ↓   | 59,5 ↓ | 0,26 ↓ | н/д    | −0,62               | −0,10                 |
| Липецкая                                               | 3,4     | 46,9   | 0,24   | 0,07  | −0,70               | 1,9 ↓   | 47,7 = | 0,20 ↓ | 0,05 = | −0,73               | −0,03                 |
| Московская                                             | 36,5    | 54,1   | 0,16   | 0,48  | −0,39               | 30,0 ↓  | 54,7 = | 0,18 ↑ | 0,31 ↓ | −0,48               | −0,09                 |
| ...                                                    |         |        |        |       |                     |         |        |        |        |                     |                       |
| Ульяновская                                            | 78,1    | 57,5   | 0,82   | 4,32  | 1,04                | 67,5 ↓  | 58,1 ↓ | 0,56 ↓ | 3,98 ↓ | 0,80                | −0,23                 |
| Курганская                                             | 65,0    | 35,8   | 3,50   | н/д   | 1,14                | 50,0 ↓  | 31,2 ↑ | 1,96 ↓ | н/д    | 0,50                | −0,64                 |
| Свердловская                                           | 19,1    | 41,2   | 0,83   | н/д   | −0,23               | 13,5 ↓  | 67,2 ↓ | 0,23 ↓ | 1,66 ↑ | −0,30               | −0,07                 |
| Алтайский край                                         | 18,0    | 30,4   | 1,32   | н/д   | −0,03               | 17,1 ↓  | 26,0 ↑ | 1,00 ↓ | 15,7 ↑ | 3,57                | 3,60                  |
| Красноярский край                                      | 1,8     | 55,0   | 0,09   | 0,01  | −0,79               | 5,5 ↑   | 40,6 ↑ | 0,33 ↑ | 0,07 ↑ | −0,63               | 0,16                  |
| Омская                                                 | 32,9    | 57,3   | 1,29   | 0,04  | −0,26               | 11,8 ↓  | 40,3 ↑ | 0,77 ↓ | 0,64 ↑ | −0,33               | −0,08                 |
| Средняя по регионам                                    | 23,0    | 48,4   | 0,63   | 0,9   |                     | 20,0 ↓  | 47,0 ↑ | 0,65 ↑ | 2,2 ↑  |                     |                       |
| Условный регион-бенчмарк                               | 33,1    | 33,8   | 1,0    | 1,0   |                     | 33,1    | 33,8   | 1,0    | 1,0    |                     |                       |
| Отклонения:<br>А. Сумма отклонений ( $\Sigma \delta$ ) | −29,61  | −13,20 | −13,61 | −4,89 | −10,46              | −28,24  | −15,07 | −13,18 | 43,09  | 1,34                | 11,81                 |
| Б. Среднее отклонение ( $\bar{\delta}$ )               | −0,70   | −0,31  | −0,32  | −0,12 | −0,25               | −0,67   | −0,36  | −0,31  | 1,03   | 0,03                | 0,28                  |

н/д – данные не были опубликованы в целях обеспечения конфиденциальности статистических данных в соответствии с Федеральным законом от 29.11.2007 № 282-ФЗ «Об официальном статистическом учете и системе государственной статистики в Российской Федерации» (п. 5 ст. 4, ч. 1 ст. 9).

Темно-серой заливкой выделены показатели выше порогового (Ктэ, ЭИТП, ЭИТ) и ниже порогового (Кти).

Светло-серой заливкой выделены показатели ниже порогового (для Кти выше), но близкие с ним по значению.

$\bar{\delta}$  – среднее отклонение от порогового по всем целевым показателям;

$\Delta \bar{\delta}$  – изменение отклонения  $\bar{\delta}$  за период;

↑ – улучшение показателя; ↓ – ухудшение показателя; = – стабильное значение показателя.

В столбцах  $\bar{\delta}$  заливкой выделены регионы с наилучшими позициями технологичности промышленности.

Источник: расчеты авторов по данным [11, 12].

Межрегиональные сравнения отклонения фактической ситуации в регионах от «пороговых» значений (условного региона-бенчмарка как ориентира технологического развития) позволяют отметить, что в среднесрочном периоде наблюдается позитивная динамика: абсолютная величина итогового отклонения по всем показателям увеличилась с  $-10,46$  до  $1,34$ ; при этом положительное отклонение от пороговых значений в 2021 г. отмечалось в 11 регионах, тогда как в 2019 г. таких регионов было 5. В то же время заметно разнообразие статуса регионов по уровню технологического развития – 13 регионов из 42 не достигали «пороговых» значений, что предполагает активизацию мер поддержки промышленности.

Детализация достигнутых значений технологичности промышленности в разрезе отдельных частных показателей формирует интересную аналитическую «картину»:

а) в части продвижения по показателю технологического экспорта заметно, что значительное количество регионов достигло или имеет минимальное отклонение от «порогового» значения этого показателя, а именно: в 17 регионах (40%) в 2019 г. и в 13 регионах (31%) в 2021 г. В то же время в 21 субъекте РФ наблюдали значительный технологический разрыв: абсолютное значение ниже «порогового» практически в два раза, что связано с последствиями профильных отраслевых ограничений, применяемых к традиционной экспортной продукции регионов (металлургической, топливно-энергетического комплекса, химической и др.);

б) в половине субъектов РФ с индустриальной специализацией (21 субъект) отмечен рост показателя технологичного импорта на анализируемом временном отрезке, что свидетельствует о повышении зависимости промышленности региона от импорта машин и оборудования, кроме того, это единственный показатель технологичности из рассматриваемых, по которому увеличилась величина отклонения в негативную сторону (сумма отклонений  $\Sigma\delta$ ), что подтверждает ухудшение позиции;

в) коэффициент соотношения объемов экспорта и импорта технологий являлся самым быстрорастущим среди промышленных регионов (за два года его значение увеличилось с  $0,9$  до  $2,2$ , то есть экспорт технологий превысил импорт более чем в 2 раза), следовательно, служит индикатором высокого технологического потенциала перестройки промышленности. Сдвиг коэффициента экспорта и импорта технологичной продукции незначителен, только 8 субъектов РФ в 2019 г. и 10 в 2021 г. экспортировали машин и оборудования в стоимостном выражении больше, чем импортировали.

Таким образом, показатели технологического развития промышленности улучшились в 21 регионе, то есть в половине субъектов РФ отмечены положительные значения параметра отклонения от «порогового» значения ( $\Delta\delta$ ). Позитивные изменения всех показателей технологичности имели место в Тверской, Ленинградской областях, Красноярском крае и Республике Башкортостан при слабых технологических сдвигах и технологическом отставании, что связано с сохранением критических рисков и внешних санкций.

Позиционирование регионов по величине отклонений в сравнении с условным регионом-бенчмарком по показателям технологичности представлено в таблице 5.

Заметна некоторая стабильность количества регионов с минимальными отклонениями от региона-бенчмарка и субъектов РФ с наилучшими позициями технологичности:

- в 2019 г. – 27 субъектов РФ;
- в 2021 г. – 26.

В группы с более высокими показателями перешли 10 регионов при разнообразии сдвигов: например, 6 – перешли в группу с наилучшими позициями технологичности, остальные перемещались по восходящей между группами с низкими параметрами в группу с недостаточным уровнем).

Таблица 5. Позиционирование регионов по показателям технологичности промышленности

| Субъекты РФ                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| С недостаточным уровнем показателей технологического развития                                                                                                                                                                                                                     | С минимальными отклонениями от условного региона-бенчмарка                                                                                                                                                                                                                          | С наилучшими позициями технологичности                                                                                                                     |
| 2019 г.                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                            |
| Белгородская, Воронежская, Калужская, Костромская, Липецкая, Вологодская, Мурманская, Волгоградская, Кировская, Челябинская<br><b>(10 регионов)</b>                                                                                                                               | Брянская, Владимирская, Ивановская, Московская, Орловская, Смоленская, Тамбовская, Тверская, Тульская, Ярославская, Псковская, Башкортостан, Марий Эл, Мордовия, Удмуртская, Чувашская, Пензенская, Самарская, Саратовская, Свердловская, Алтайский, Омская<br><b>(22 региона)</b>  | Рязанская, Новгородская, Нижегородская, Ульяновская, Курганская<br><b>(5 регионов)</b>                                                                     |
| С низкими параметрами технологического развития:<br>Архангельская, Ленинградская, Татарстан, Пермский, Красноярский <b>(5 регионов)</b>                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                            |
| 2021 г.                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                            |
| Белгородская, Воронежская, Калужская, Костромская, Тульская, Вологодская, Ленинградская, Волгоградская, Пермский, Кировская, Саратовская, Челябинская, Красноярский<br><b>(13 регионов)</b>                                                                                       | Брянская, Владимирская, Ивановская, Московская, Орловская, Смоленская, Тамбовская, Ярославская, Мурманская, Псковская, Удмуртская, Чувашская, Самарская, Свердловская, Омская<br><b>(15 регионов)</b>                                                                               | Рязанская, Тверская, Новгородская, Башкортостан, Марий Эл, Мордовия, Нижегородская, Пензенская, Ульяновская, Курганская, Алтайский<br><b>(11 регионов)</b> |
| С низкими параметрами технологического развития: Липецкая, Архангельская, Татарстан <b>(3 региона)</b>                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                            |
| Изменение позиций регионов по параметрам технологичности                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                            |
| Ослабление позиции                                                                                                                                                                                                                                                                | Укрепление позиции                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                            |
| Архангельская, Татарстан, Белгородская, Калужская, Костромская, Липецкая, Волгоградская, Челябинская, Ивановская, Московская, Орловская, Смоленская, Тульская, Псковская, Удмуртская, Самарская, Саратовская, Свердловская, Омская, Ульяновская, Курганская<br><b>(21 регион)</b> | Брянская, Владимирская, Воронежская, Тамбовская, Ярославская, Рязанская, Тверская, Вологодская, Ленинградская, Мурманская, Новгородская, Башкортостан, Марий Эл, Мордовия, Чувашская, Пермский, Кировская, Нижегородская, Пензенская, Алтайский, Красноярский<br><b>(21 регион)</b> |                                                                                                                                                            |
| Жирным шрифтом выделены регионы, которые в 2021 г. перешли в группу с показателями технологичности выше 2019 г.: курсивом – перешедшие в группу с показателями ниже                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                            |

Ухудшение позиций наблюдалось в 3 субъектах РФ (Липецкая, Саратовская, Тульская области).

В большинстве регионов (29) краткосрочные сдвиги были незначительными, с сохранением уровня показателей в границах группы технологичности.

Несмотря на такие позитивные сдвиги, как увеличение числа регионов с наилучшими позициями (с 5 до 11) и сокращение с низкими параметрами технологичности (с 5 до 3), сохраняется асимметричность регионального распределения и разнонаправленность сдвигов, что предполагает необходимость анализа ресурсной обеспеченности как динамизирующего фактора промышленности субъектов РФ (табл. 6).

Таблица 6. Групповые и интегральный показатели ресурсной обеспеченности промышленности регионов России (фрагмент)

| Субъекты РФ                                                                                                                                                                   | 2019 г. |          |       |       |             | 2024 г. |          |       |       |             | $\Delta I$ |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|-------|-------|-------------|---------|----------|-------|-------|-------------|------------|
|                                                                                                                                                                               | $R_K$   | $R_{II}$ | $R_B$ | $R_T$ | $I_P$       | $R_K$   | $R_{II}$ | $R_B$ | $R_T$ | $I_P$       |            |
| Белгородская                                                                                                                                                                  | 0,51    | 0,20     | 0,04  | 0,57  | <b>0,22</b> | 0,35    | 0,21     | 0,01  | 0,52  | <b>0,14</b> | –0,08      |
| Брянская                                                                                                                                                                      | 0,30    | 0,19     | 0,22  | 0,10  | <b>0,19</b> | 0,30    | 0,32     | 0,26  | 0,48  | <b>0,33</b> | 0,14       |
| Владимирская                                                                                                                                                                  | 0,62    | 0,42     | 0,19  | 0,08  | <b>0,25</b> | 0,56    | 0,40     | 0,21  | 0,39  | <b>0,37</b> | 0,12       |
| Воронежская                                                                                                                                                                   | 0,21    | 0,17     | 0,34  | 0,28  | <b>0,24</b> | 0,20    | 0,22     | 0,23  | 0,42  | <b>0,26</b> | 0,02       |
| Ивановская                                                                                                                                                                    | 0,40    | 0,26     | 0,30  | 0,17  | <b>0,27</b> | 0,44    | 0,29     | 0,29  | 0,47  | <b>0,36</b> | 0,09       |
| Калужская                                                                                                                                                                     | 0,93    | 0,34     | 0,21  | 0,44  | <b>0,41</b> | 0,60    | 0,39     | 0,18  | 0,41  | <b>0,36</b> | –0,05      |
| Костромская                                                                                                                                                                   | 0,46    | 0,18     | 0,13  | 0,09  | <b>0,18</b> | 0,44    | 0,22     | 0,10  | 0,27  | <b>0,23</b> | 0,05       |
| Липецкая                                                                                                                                                                      | 0,64    | 0,56     | 0,13  | 0,35  | <b>0,36</b> | 0,51    | 0,42     | 0,21  | 0,57  | <b>0,40</b> | 0,04       |
| Московская                                                                                                                                                                    | 0,49    | 0,19     | 0,18  | 0,56  | <b>0,31</b> | 0,38    | 0,22     | 0,19  | 0,40  | <b>0,29</b> | –0,02      |
| ...                                                                                                                                                                           |         |          |       |       |             |         |          |       |       |             |            |
| Ульяновская                                                                                                                                                                   | 0,47    | 0,16     | 0,37  | 0,27  | <b>0,29</b> | 0,40    | 0,28     | 0,22  | 0,31  | <b>0,30</b> | 0,01       |
| Курганская                                                                                                                                                                    | 0,30    | 0,18     | 0,07  | 0,09  | <b>0,13</b> | 0,39    | 0,40     | 0,57  | 0,46  | <b>0,45</b> | 0,32       |
| Свердловская                                                                                                                                                                  | 0,60    | 0,31     | 0,31  | 0,34  | <b>0,38</b> | 0,49    | 0,29     | 0,20  | 0,51  | <b>0,35</b> | –0,03      |
| Челябинская                                                                                                                                                                   | 0,59    | 0,40     | 0,09  | 0,43  | <b>0,31</b> | 0,50    | 0,48     | 0,24  | 0,35  | <b>0,38</b> | 0,07       |
| Алтайский                                                                                                                                                                     | 0,57    | 0,79     | 0,07  | 0,13  | <b>0,12</b> | 0,42    | 0,43     | 0,18  | 0,38  | <b>0,25</b> | 0,13       |
| Красноярский                                                                                                                                                                  | 0,15    | 0,18     | 0,07  | 0,54  | <b>0,41</b> | 0,19    | 0,31     | 0,18  | 0,51  | <b>0,29</b> | –0,12      |
| Омская                                                                                                                                                                        | 0,58    | 0,28     | 0,34  | 0,38  | <b>0,33</b> | 0,31    | 0,24     | 0,19  | 0,85  | <b>0,41</b> | 0,08       |
| Средняя                                                                                                                                                                       | 0,46    | 0,32     | 0,22  | 0,29  | <b>0,31</b> | 0,39    | 0,34     | 0,29  | 0,41  | <b>0,34</b> | 0,03       |
| Темно-серой заливкой выделены показатели высокого уровня ресурсной обеспеченности; светло-серой – среднего уровня обеспеченности; без заливки – низкого уровня обеспеченности |         |          |       |       |             |         |          |       |       |             |            |

Источник: расчеты авторов на основе: [10, 11, 13].

Выявлены положительные сдвиги и небольшое повышение интегрального показателя ресурсной обеспеченности промышленности ( $I_P$ ): с 0,31 в 2019 г. до 0,34 в 2024 г., что объясняется благоприятными условиями роста бюджетных инвестиций ( $R_B$  – с 0,22 до 0,29) и показателей технологических ресурсов ( $R_T$  – с 0,29 до 0,41). В то же время выявлена проблемная зона – снижение показателя кадровых ресурсов ( $R_K$  – с 0,46 до 0,39) и практическое отсутствие роста инвестиционной составляющей ( $R_{II}$  – с 0,32 до 0,34).

Отмечено снижение межрегиональной дифференциации – размаха вариации по группам кадровой обеспеченности (снижение с 0,78 до 0,45); инвестиционной (с 0,68 до 0,59); при этом произошло увеличение вариационности группы технологических (с 0,67 до 0,84) и бюджетных ресурсов (с 0,58 до 0,70), что объясняется ростом адресной поддержки отдельных регионов.

В целом небольшое число субъектов РФ характеризовалось средним или высоким уровнем интегрального показателя ресурсной обеспеченности:

- в 2019 г. – 3 региона (Ленинградская и Свердловская области, Пермский край);
- в 2024 г. – 8 (Ленинградская, Мурманская, Новгородская, Нижегородская, Курганская области, республики Татарстан и Удмуртия, Пермская край).

Незначительное количество регионов имели низкие показатели ресурсной поддержки:

- в 2019 г. – 4;
- в 2024 г. – 3.

Дифференциация регионов в разрезе уровней (высокий, средний, низкий) и динамики сдвигов (позитивных и негативных) составила основу типологии субъектов РФ, приведенной в таблице 7.

Таблица 7. Типология индустриальных регионов России по уровню и динамике ресурсного обеспечения промышленности

| Уровень ресурсной обеспеченности                                                                                                                                                                                                                                                               |                    |                    |                    |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                    |                    |                    |                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 2019 г.                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                    |                    |                    |                    | 2024 г.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                    |                    |                    |                    |
| Высокий – более 0,7                                                                                                                                                                                                                                                                            |                    |                    |                    |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                    |                    |                    |                    |
| –                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                    |                    |                    |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                    |                    |                    |                    |
| Средний – от 0,3 до 0,7                                                                                                                                                                                                                                                                        |                    |                    |                    |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                    |                    |                    |                    |
| Пермский, Ленинградская, Мурманская, Тульская, Вологодская, Калужская, Красноярский, Нижегородская, Свердловская, Липецкая, Волгоградская, Татарстан, Омская, Ярославская, Башкортостан, Самарская, Московская, Архангельская, Челябинская –<br>19 регионов                                    |                    |                    |                    |                    | Ленинградская, Мурманская, Пермский, Курганская, Тульская, Вологодская, Татарстан, Омская, Липецкая, Удмуртская, Ярославская, Нижегородская, Челябинская, Новгородская, Владимирская, Калужская, Волгоградская, Ивановская, Свердловская, Мордовия, Брянская, Кировская, Чувашская, Смоленская, Рязанская, Орловская, Псковская –<br>27 регионов                                |                    |                    |                    |                    |
| $\bar{R}_K = 0,55$                                                                                                                                                                                                                                                                             | $\bar{R}_И = 0,41$ | $\bar{R}_Б = 0,26$ | $\bar{R}_Т = 0,41$ | $\bar{T}_P = 0,39$ | $\bar{R}_K = 0,43$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | $\bar{R}_И = 0,38$ | $\bar{R}_Б = 0,35$ | $\bar{R}_Т = 0,45$ | $\bar{T}_P = 0,39$ |
| Низкий – менее 0,3                                                                                                                                                                                                                                                                             |                    |                    |                    |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                    |                    |                    |                    |
| Смоленская, Ивановская, Орловская, Владимирская, Кировская, Новгородская, Брянская, Рязанская, Воронежская, Костромская, Тамбовская, Псковская, Тверская, Пензенская, Белгородская, Саратовская, Курганская, Ульяновская, Мордовия, Чувашская, Удмуртская, Марий Эл, Алтайский –<br>23 региона |                    |                    |                    |                    | Ульяновская, Тамбовская, Красноярский, Башкортостан, Московская, Самарская, Воронежская, Марий Эл, Тверская, Алтайский, Архангельская, Костромская, Пензенская, Белгородская, Саратовская –<br>15 регионов                                                                                                                                                                      |                    |                    |                    |                    |
| $\bar{R}_K = 0,38$                                                                                                                                                                                                                                                                             | $\bar{R}_И = 0,24$ | $\bar{R}_Б = 0,19$ | $\bar{R}_Т = 0,19$ | $\bar{T}_P = 0,21$ | $\bar{R}_K = 0,32$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | $\bar{R}_И = 0,26$ | $\bar{R}_Б = 0,19$ | $\bar{R}_Т = 0,34$ | $\bar{T}_P = 0,24$ |
| Изменение ресурсной обеспеченности регионов                                                                                                                                                                                                                                                    |                    |                    |                    |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                    |                    |                    |                    |
| Ослабление ( $\Delta \bar{I} = -0,04$ )                                                                                                                                                                                                                                                        |                    |                    |                    |                    | Укрепление ( $\Delta \bar{I} = 0,09$ )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                    |                    |                    |                    |
| Белгородская, Красноярский, Пермский, Архангельская, Самарская, Калужская, Башкортостан, Свердловская, Московская, Вологодская, Нижегородская, Саратовская –<br>12 регионов                                                                                                                    |                    |                    |                    |                    | Волгоградская, Ульяновская, Воронежская, Липецкая, Мурманская, Костромская, Смоленская, Пензенская, Марий Эл, Кировская, Рязанская, Ярославская, Ленинградская, Татарстан, Челябинская, Омская, Ивановская, Тверская, Новгородская, Тамбовская, Мордовия, Чувашская, Владимирская, Орловская, Алтайский, Брянская, Псковская, Удмуртская, Курганская, Тульская –<br>30 регионов |                    |                    |                    |                    |

Несмотря на жесткие условия санкций и бюджетные ограничения, увеличилось количество регионов со средним уровнем ресурсного обеспечения с 19 в 2019 г. до 27 в 2024 г. По сути, отрицательная динамика групп кадровых и инвестиционных ресурсов компенсируется активизацией бюджетной поддержки и ростом параметров группы технологических ресурсов развития, что, на наш взгляд, объясняется ролью государственных программ развития промышленности, софинансируемых совместно федерацией и бюджетом региона. В группе регионов с низким ресурсным обеспечением заметно улучшение ситуации: число таких субъектов РФ уменьшилось с 23 в 2019 г. до 15 в 2024 г. В целом укрепление ресурсной поддержки развития индустриальных регионов отмечено в 71% случаев (в 30 субъектах): наибольший рост имел место в Удмуртии (за счет бюджетных инвестиций в 5 раз и отчасти налоговых льгот) и в Курганской области (8-кратное увеличение бюджетного компонента в сочетании с заметным ростом инвестиционной и технологической составляющих).

Продвижение субъектов РФ в направлении укрепления технологичности промышленности и сдвиги ресурсной обеспеченности представлены в матрице межрегиональных сравнений (табл. 8).

Таблица 8. Матрица динамики технологичности промышленности регионов по критерию «результаты – ресурсы»

|                                  |                                       | Изменение ресурсной обеспеченности регионов                                                                                                                                            |                                 |                                 |                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                |                                |                                |
|----------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|                                  |                                       | Ослабление ресурсной обеспеченности ( $\Delta I < 0$ )                                                                                                                                 |                                 |                                 |                                 | Укрепление ресурсной обеспеченности ( $\Delta I \geq 0$ )                                                                                                                                                                                                                                     |                                |                                |                                |
| Изменение уровня технологичности | Усиление ( $\Delta \delta > 0$ )      | Красноярский, Пермский, Башкортостан, Нижегородская, Вологодская – <b>5 регионов</b><br>( $\overline{\Delta \delta} = 0,38$ ; $\overline{\Delta I} = -0,05$ )                          |                                 |                                 |                                 | Воронежская, Мурманская, Пензенская, Марий Эл, Кировская, Рязанская, Ярославская, Ленинградская, Тверская, Новгородская, Мордовия, Тамбовская, Чувашская, Владимирская, Алтайский край, Брянская – <b>16 регионов</b><br>( $\overline{\Delta \delta} = 0,78$ ; $\overline{\Delta I} = 0,08$ ) |                                |                                |                                |
|                                  |                                       | $\overline{\Delta R_K} = -0,11$                                                                                                                                                        | $\overline{\Delta R_I} = -0,08$ | $\overline{\Delta R_B} = 0,12$  | $\overline{\Delta R_T} = -0,05$ | $\overline{\Delta R_K} = -0,04$                                                                                                                                                                                                                                                               | $\overline{\Delta R_I} = 0,04$ | $\overline{\Delta R_B} = 0,09$ | $\overline{\Delta R_T} = 0,16$ |
|                                  | Ослабление ( $\Delta \delta \leq 0$ ) | Белгородская, Архангельская, Самарская, Калужская, Свердловская, Московская, Саратовская – <b>7 регионов</b><br>( $\overline{\Delta \delta} = -0,07$ ; $\overline{\Delta I} = -0,05$ ) |                                 |                                 |                                 | Волгоградская, Ульяновская, Липецкая, Смоленская, Костромская, Татарстан, Челябинская, Омская, Ивановская, Орловская, Псковская, Удмуртская, Курганская, Тульская – <b>14 регионов</b><br>( $\overline{\Delta \delta} = -0,15$ ; $\overline{\Delta I} = 0,09$ )                               |                                |                                |                                |
|                                  |                                       | $\overline{\Delta R_K} = -0,10$                                                                                                                                                        | $\overline{\Delta R_I} = 0,0$   | $\overline{\Delta R_B} = -0,03$ | $\overline{\Delta R_T} = 0,04$  | $\overline{\Delta R_K} = -0,06$                                                                                                                                                                                                                                                               | $\overline{\Delta R_I} = 0,05$ | $\overline{\Delta R_B} = 0,11$ | $\overline{\Delta R_T} = 0,19$ |

Заметна неоднородность результатов: самой многочисленной является группа, в которой сдвиги технологичности подкреплены пролонгированной ресурсной поддержкой (16 регионов, 38%) и отмечен рост показателей инвестиционной, бюджетной и технологической групп ресурсов, что дает основание для позитивного прогноза среднесрочного роста технологичности.

В 14 регионах (33%) неочевидна результативность усиления ресурсной обеспеченности, что при прочих равных условиях в перспективе при стабилизации экономической ситуации окажет «тормозящее» влияние на повышение технологической независимости.

Весомым ресурсом, усиливающим технологическое развитие, является институциональная инфраструктура промышленности, формирующая благоприятную бизнес-среду производства (табл. 9).

Таблица 9. Институциональная инфраструктура технологического развития промышленности регионов (2024 г., фрагмент)

| Субъекты РФ                                                                                                          | ТП | ИП | ОЭЗ | Итог | Регион        | ТП | ИП | ОЭЗ | Итог |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|-----|------|---------------|----|----|-----|------|
| <b>Регионы, в которых наблюдается укрепление ресурсной обеспеченности</b>                                            |    |    |     |      |               |    |    |     |      |
| Мурманская                                                                                                           |    |    | 2   | +    | Кировская     |    |    |     | –    |
| Рязанская                                                                                                            |    | 1  |     | +    | Ярославская   |    | 1  |     | +    |
| Ленинградская                                                                                                        |    | 2  | 1   | +    | Мордовия      | 1  |    |     | +    |
| Новгородская                                                                                                         |    |    | 1   | +    | Чувашская     |    |    | 1   | +    |
| Владимирская                                                                                                         |    | 1  | 1   | +    | Брянская      |    |    |     | –    |
| Воронежская                                                                                                          | 1  | 1  |     | +    | Марий Эл      |    |    |     | –    |
| Пензенская                                                                                                           |    |    |     | –    | Тверская      |    |    | 1   | +    |
| Тамбовская                                                                                                           |    |    |     | –    | Алтайский     |    |    | 1   | +    |
| Пермский                                                                                                             | 1  | 1  | 1   | +    | Нижегородская |    | 3  | 1   | +    |
| Красноярский                                                                                                         |    | 1  | 1   | +    | Башкортостан  |    | 2  | 1   | +    |
| Волгоградская                                                                                                        |    | 1  |     | +    |               |    |    |     |      |
| Заливка означает, что на начало анализа (2019 г.) территорий с преференциальными условиями в данном регионе не было. |    |    |     |      |               |    |    |     |      |
| ТП – технопарк, ИП – индустриальный парк                                                                             |    |    |     |      |               |    |    |     |      |

Систематизация территориальных институтов с преференциальными условиями (льготы в области налогов, тарифы, таможенные платежи, использование производственных коммуникаций, земельных ресурсов) показала, что этот формат стимулирования промышленной активности применяли 34 из 42 регионов (81%), причем в 25% указанные территории возникли в течение анализируемого периода, в 8 регионах территории с особыми условиями хозяйствования отсутствуют.

Ситуация наличия трех проанализированных территориальных институтов наблюдается в 4 регионах из 42 (Самарская и Московская области, Пермский край, Татарстан), а непосредственно одновременная локализация и технологических, и индустриальных парков – в 6 (дополнительно к перечисленным Челябинская и Воронежская области), что можно отнести к явно нереализованным резервам развития промышленности.

Другим динамизирующим компонентом институциональной инфраструктуры является комплекс мер федеральной и региональной поддержки бизнеса (субсидии, льготные кредиты, возмещение части затрат на НИОКР), действующих в субъектах РФ, которые представлены в таблице 10 по данным «Государственной информационной системы промышленности» (ГИСП).

**Таблица 10. Меры прямой и косвенной государственной поддержки регионов (фрагмент)**

| Субъекты РФ          | Направления государственной поддержки промышленности [9]                                                                                                                                                                                                                       | Финансирование государственного заказа                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Рязанская область    | Совместные с федеральным Фондом развития промышленности проекты по финансированию промышленного производства (в пропорции 90% федеральных средств и 10% региональных вложений) по программам «Проекты развития», «Комплекующие изделия», «Повышение производительности труда». | АО «РКБ «Глобус» (автоматизированные системы контроля),<br>АО «ГРПЗ» (медицинская техника),<br>АО «Рязанский радиозавод» (телекоммуникационное оборудование) [4]                                                                               |
| Республика Мордовия  |                                                                                                                                                                                                                                                                                | АО «Саранский приборостроительный завод» (высокоточное приборостроение),<br>АО «НПО «СПЛАВ» им. А.Н. Ганичева (реактивные системы) [15],<br>ФКП «Саранский механический завод» (высокоточные спецсредства)                                     |
| Новгородская область |                                                                                                                                                                                                                                                                                | ОАО «Контур», АО НПП «Старт»,<br>ПАО «Завод «Старорусприбор» (радиоэлектроника, приборостроение, производство теплооборудования)                                                                                                               |
| Мурманская область   |                                                                                                                                                                                                                                                                                | АО «10 ордена Трудового Красного Знамени судоремонтный завод», входящий в состав АО «ОСК» (судоремонтный комплекс)                                                                                                                             |
| Ярославская область  |                                                                                                                                                                                                                                                                                | АО «ОДК-Сатурн»,<br>ПАО «Автодизель»,<br>ПАО «НПО «Сатурн» (машиностроение),<br>ПАО «Ярославский радиозавод» (радиотехническое оборудование),<br>АО «ВНИИР-Прогресс» (электроника),<br>ПАО «Ярославский судостроительный завод» (судостроение) |

Как следует из представленных данных, наблюдается усиление государственного содействия по двум направлениям – через финансирование проектов промышленного производства из федерального и региональных бюджетов, а также через размещение государственного заказа.

## Выводы

Проанализирована промышленная политика с позиции реализации национальных целей Российской Федерации по достижению технологического лидерства и технологической независимости. Ключевым условием выхода на независимость отечественного производства является определение конкретного уровня показателей технологичности как региональных целей развития промышленности, а также консолидируемых ресурсов развития.

Разработан методический подход сопряженной оценки сдвигов в технологичности как очевидного результата изменений и динамики ресурсной поддержки (со стороны трудовых, технологических, инвестиционных и бюджетных ресурсов), активности в использовании потенциала институциональной инфраструктуры как территориальных предпочтений, так и непосредственных предпочтений предпринимательскому сектору, финансирования государственных программ.

Впервые предложены индикаторы, позволяющие оценить одновременно уровень внешней и внутренней технологической независимости не только в статике, но и с учетом лагов проявления результатов, оценки сдвигов в диспозиции регионов.

По результатам оценки изменений технологичности и ресурсных условий промышленности регионов установлено:

1) индустриально развитые регионы характеризуются значительными межрегиональными отличиями в уровне технологичности промышленного производства, а также в ресурсной обеспеченности (включая кадровые, инвестиционные, бюджетные, технологические);

2) позитивные сдвиги технологичности индустриального производства обеспечиваются преимущественно быстрорастущим соотношением объемов экспорта и импорта технологий и услуг технологического характера и сдерживаются процессами импортозамещения; в половине промышленных регионов России улучшились параметры технологичности в целом за период анализа;

3) наблюдается позитивная динамика ресурсной обеспеченности, но величина сдвигов незначительна, самым проблемным ресурсным компонентом является кадровая составляющая, наиболее динамично растущим – технологические ресурсы при практически неизменном уровне инвестиционной и слабом росте бюджетной обеспеченности; в большинстве регионов (71%) отмечается повышение совокупной ресурсной обеспеченности (при сверхвысоких позитивных сдвигах в Республике Удмуртия и Курганской области);

4) технологическое продвижение промышленности за счет ресурсной поддержки характеризуется неравномерностью: в 38% регионов она способствовала повышению технологичности; в 33% регионов результативность отдачи от примененных мер неочевидна;

5) преференциальные территориальные режимы и меры стимулирования региональной промышленности выступают катализатором технологического развития, способствуют промышленной самодостаточности.

Таким образом, проведенный анализ подтвердил, что в России наблюдаются процессы, аналогичные происходящим в большинстве стран, являющихся глобальными «центрами силы»: активное государственное вмешательство в промышленную политику, заключающееся в масштабной поддержке индустрии, применении стимулирующих налоговых режимов, мер протекционизма, перехода на импортозамещение и др.

Разработанный методический подход направлен на обеспечение технологического суверенитета и снижение критической зависимости от внешних рынков, что в условиях геополитической турбулентности становится приоритетом для сохранения экономической стабильности. Совокупность мер поддержки формирует новый контур промышленной политики, ориентированной не только на импортозамещение, но и на создание экс-



портно ориентированных высокотехнологичных производств, способных конкурировать на глобальном уровне даже в современных ограничительных условиях, обеспечить промышленный суверенитет страны и промышленную самодостаточность регионов.

Результаты исследования позволяют совершенствовать систему мониторинга реализации национальных целей развития в части задействованности регионов в достижении технологического лидерства страны, оценки и прогнозирования обеспеченности ресурсами, создают аналитическую основу корректировки стратегий и программ индустриального сектора регионов.

---

**Список источников**

1. Белов В.И. Энергетическая самодостаточность российских регионов и ее влияние на устойчивое развитие // Регион: Экономика и Социология. 2025. № 3(127). С. 26–50. DOI: 10.15372/REG20250302.
2. Внешняя торговля [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики. URL: [https://rosstat.gov.ru/statistics/vneshnyaya\\_torgovlya](https://rosstat.gov.ru/statistics/vneshnyaya_torgovlya) (дата обращения: 05.02.2026).
3. Единый план по достижению национальных целей развития Российской Федерации до 2030 года и на перспективу до 2036 года: утвержден Правительством РФ [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/411156963/> (дата обращения: 05.02.2026).
4. Заемщик ФРП поставил профессиональные средства связи для нужд МЧС [Электронный ресурс] // Минпромторг России. Дата публикации: 04.07.2024. URL: <https://minpromtorg.gov.ru/press-centre/news/f9b7cdfc-6c86-4286-acb2-2494e6ccdb4d> (дата обращения: 05.02.2026).
5. Клюковкин Г.К. Сравнение методов масштабирования признаков: StandardScaler, MinMax, Robust // Вестник Науки и Творчества. 2023. № 9(91). С. 32–39.
6. Корабейников И.Н., Прытков Р.М. Подходы к дефиниции «новая индустриализация» // Бизнес. Образование. Право. 2024. № 3(68). С. 66–71. DOI: 10.25683/VOLBI.2024.68.1049.
7. Литвинова А.В., Логинова Е.В. Оценка импортозависимости российской экономики // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия «Экономика». 2023. Т. 25, № 4. С. 17–29. DOI: 10.15688/ek.jvolsu.2023.4.2.
8. Мариотти С. «Открытая стратегическая автономия» как компас промышленной политики для конкурентоспособности и роста ЕС: хорошо ли это, плохо или ужасно? // Вестник международных организаций. 2025. Т. 20, № 2. С. 160–188. DOI: 10.17323/1996-7845-2025-02-09.
9. Навигатор мер поддержки [Электронный ресурс] // Государственная информационная система промышленности (ГИСП). Сайт. URL: <https://gispr.gov.ru/nmp/> (дата обращения: 05.02.2026).
10. Налоговые расходы субъектов Российской Федерации за 2019 г., 2024 г. [Электронный ресурс] // Министерство финансов Российской Федерации. Официальный сайт. Публикации. URL: <https://minfin.gov.ru/ru/performance/budget/policy/raskhod/sub/> (дата обращения: 03.02.2026).
11. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2020: Статистический сборник. Москва: Росстат, 2020. 1242 с.
12. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2022: Статистический сборник. Москва: Росстат, 2022. 1122 с.
13. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2025: Статистический сборник. Москва: Росстат, 2025. 1035 с.
14. Рекомендации субъектам Российской Федерации по повышению качества оценки эффективности налоговых расходов, обусловленных налоговыми льготами, освобождениями и иными преференциями [Электронный ресурс] // Министерство финансов Российской Федерации. Документы. URL: [https://minfin.gov.ru/ru/document?id\\_4=\\_305061-rekomendatsii\\_subektam\\_rossiiskoi\\_federatsii\\_po\\_povysheniyu\\_kachestva\\_otsenki\\_effektivnosti](https://minfin.gov.ru/ru/document?id_4=_305061-rekomendatsii_subektam_rossiiskoi_federatsii_po_povysheniyu_kachestva_otsenki_effektivnosti) (дата обращения: 05.02.2026).

15. Тульский «СПЛАВ» подписал соглашение с предприятием из Мордовии [Электронный ресурс] // Сетевое издание «Тульский Молодой коммунар». Дата публикации: 14.08.2023. URL: <https://mktula.ru/news/n/tulskiy-splav-podpisal-soglaschenie-s-predpriyatiem-iz-mordovii/> (дата обращения: 05.02.2026).
16. Файков Д.Ю., Байдаров Д.Ю. Технологическая независимость, технологический суверенитет, технологическое лидерство: особенности стратегического выбора // Научные труды Вольного экономического общества России. 2025. Т. 253, № 3. С. 265–275. DOI: 10.38197/2072-2060-2025-253-3-265-275.
17. Шлычков В.В., Батайкин П.А., Нестулаева Д.Р. Суверенизация как механизм эффективного обеспечения экономической безопасности России в условиях усиления геополитической и геоэкономической турбулентностей // Экономика и управление. 2024. Т. 30, № 8. С. 972–986. DOI: 10.35854/1998-1627-2024-8-972-986.
18. Ahumada J.M. Bringing freedom back to developmentalism: industrialisation as national independence // Cambridge Journal of Economics. 2023. Vol. 47(6). Pp. 1037–1056. DOI: 10.1093/cje/bead030.
19. Aiginger K., Rodrik, D. Rebirth of industrial policy and an agenda for the twenty-first century // Journal of Industry, Competition and Trade. 2020. Vol. 20(2). Pp. 189–207.
20. Arshad Z., Shafique M.N., Madaleno M. et al. Decarbonizing economic growth through renewable energy in the EU economies // Discover Sustainability. 2025. Vol. 6. Article No. 1444. DOI: 10.1007/s43621-025-02288-1.
21. Bran A.-C. Trends in the Political Economy of Military Expenditure. The Case of Europe // Proceedings of the International Conference on Business Excellence. 2024. Vol. 18(1). Pp. 459–468. DOI: 10.2478/picbe-2024-0040.
22. Cohen E. Theoretical foundations of industrial policy // EIB Papers (European Investment Bank (EIB), Luxembourg). 2006. Vol. 11(1). Pp. 84–106.
23. Criscuolo C., Gonne N., Kitazawa K. et al. An industrial policy framework for OECD countries: Old debates, new perspectives // OECD Science, Technology and Industry Policy Papers. 2022. No. 127. DOI: 10.1787/0002217c-en.
24. Dullien S., Hackenbroich J. European industrial policy: A crucial element of strategic autonomy // IMK Policy Brief. 2022. No. 130.
25. Evenett S., Jakubik A., Martín F. et al. The return of industrial policy in data // The World Economy. 2024. Vol. 47. Pp. 2762–2788. DOI: 10.5089/9798400260964.001.
26. Industry 4.0: The Future of Smart Manufacturing. Technical Report // Telecommunication Engineering Center. Department of Telecommunications, Ministry of Communications, Government of India, June 2025. Publications. URL: [https://www.tec.gov.in/pdf/TR/TR\\_Industry%204.0%20The%20Future%20of%20Smart%20Manufacturing.pdf](https://www.tec.gov.in/pdf/TR/TR_Industry%204.0%20The%20Future%20of%20Smart%20Manufacturing.pdf).
27. Gopinath G. Europe in a Fragmented World: IMF First Deputy Managing Director's Remarks for the Bernhard Harms Prize // International Monetary Fund (IMF). Resources. November 30, 2023. URL: <https://www.imf.org/en/news/articles/2023/11/30/sp-fdmd-remarks-bernhard-harms-prize>.
28. Hanine S., Dinar B. Industrial sovereignty of Morocco: How far have we come? // Economics and Management Review. 2024. Vol. 2. No. 2.
29. Hodge A., Piazza R., Hasanov F. et al. Industrial Policy in Europe: A Single Market Perspective // International Monetary Fund (IMF). Working Papers. December 16, 2024. WP 2024/249. DOI: 10.5089/9798400295690.001.
30. Kim K., Omarova S.T., Algers J. et al. Industrial Policy 2025: Bringing the State Back In (Again). Roosevelt Institute Publication. 2024. DOI: 10.2139/ssrn.5245881.
31. Li M.H. (ed.) Smart manufacturing: national implementation framework. 2022. 150 p. DOI: 10.61145/GETJ1519.
32. Maskus K.E. The impacts of technological geoeconomic fragmentation: Comments and observations (Pp. 75–83) // In: Aiyar S., Presbitero A., Ruta M. (eds.) Geoeconomic Fragmentation: The Economic Risks from a Fractured World Economy. Centre for Economic Policy Research (CEPR). CEPR Press and International Monetary Fund, 2023.
33. Rodrik D. The Manufacturing Imperative // Project Syndicate. The World' Opinion Page. August 10, 2011. URL: <http://www.project-syndicate.org/commentary-the-manufacturing-imperative>.
34. Schröder M., Mokudai T., Holst H. Industry 4.0 and lean augmentation? Digital transformation in the German and Japanese automotive industry // International Journal of Automotive Technology and Management. 2024. Vol. 24(6). Pp. 1–27. DOI: 10.1504/IJATM.2024.10068681.
35. Stöllinger R., Foster-McGregor N., Holzner M. et al. A 'Manufacturing Imperative' in the EU – Europe's Position in Global Manufacturing and the Role of Industrial Policy. WIIW Research Reports. 2013. No. 391. 69 p. URL: <https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1784538393&tld=ru&lang=en&name=a-manufacturing-imperative-in-the-eu--europe-s-position-in-global-manufacturing-and-the-role-of-industrial-policy-dlp-3081>.
36. Strategy for American leadership in advanced manufacturing. National Science & Technology Council. A Report by the Subcommittee on Advanced Manufacturing, Committee on Technology of the National Science and Technology Council (NSTC). Washington, DC, 2018. 40 p.
37. The UK's Modern Industrial Strategy by the Secretary of State for Business and Trade. November 2025 // Government of the UK. Department for Business and Trade. 160 p.
38. Tracking global industry relocation and its economic and environmental impacts 1997–2023 // Structural Change and Economic Dynamics. 2026. Vol. 77(C). Pp. 258–273. DOI: 10.1016/j.strueco.2026.01.015
39. Venanzi R., Di Modica G., Foschini L. et al. Towards IT/OT integration in industry digitalization: A comprehensive survey // Journal of Network and Computer Applications. 2026. Vol. 245. Pp. 1–39. DOI: 10.1016/j.jnca.2025.104373.

## References

1. Belov V.I. Energy self-sufficiency of Russian regions and its impact on sustainable development. *Region: Economics and Sociology*. 2025;3(127):26-50. DOI: 10.15372/REG20250302. (In Russ.).
2. Foreign Trade. Federal State Statistics Service. Official Website. URL: [https://rosstat.gov.ru/statistics/vneshnyaya\\_torgovlya](https://rosstat.gov.ru/statistics/vneshnyaya_torgovlya). (In Russ.).
3. Unified Plan to Achieve the National Development Goals of the Russian Federation until 2030 and for the Future until 2036: approved by the Government of the Russian Federation. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/411156963/>. (In Russ.).
4. The borrower of the Industrial Development Fund Supplied Professional Communication Equipment for the Needs of the Ministry of Emergency Situations. Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation. Publication date: 04.07.2024. URL: <https://minpromtorg.gov.ru/press-centre/news/f9b7cdfc-6c86-4286-acb2-2494e6ccdb4d>. (In Russ.).
5. Klyukovkin G.K. Feature Scaling Methods: StandardScaler, MinMax, Robust. *Vestnik Nauki i Tvorchestva*. 2023;9(91):32-39. (In Russ.).
6. Korabeinikov I.N., Prytkov R.M. Approaches to the Definition of "New Industrialization". *Business. Education. Law*. 2024;3(68):66-71. DOI: 10.25683/VOLBI.2024.68.1049. (In Russ.).
7. Litvinova A.V., Loginova E.V. Assessment of Import Dependence of the Russian Economy. *Journal of Volgograd State University. Economics*. 2023;25(4):17-29. DOI: 10.15688/ek.jvolsu.2023.4.2. (In Russ.).
8. Mariotti S. "Open strategic autonomy" as an industrial policy compass for the EU competitiveness and growth: The good, the bad, or the ugly? *International Organizations Research Journal*. 2025;20(2):160-188. DOI: 10.17323/1996-7845-2025-02-09. (In Russ.).
9. Navigator of Support Measures. State Industry Information System (SIIS). Official Website. URL: <https://gisip.gov.ru/nmp/> (accessed 05.02.2026). (In Russ.).
10. Tax Expenditures of the Subjects of the Russian Federation for 2019, 2024. Ministry of Finance of the Russian Federation. Official Website. Publications. URL: <https://minfin.gov.ru/ru/performance/budget/policy/raskhod/sub/>. (In Russ.).
11. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2020: Russian Statistical Yearbook. Moscow: Rosstat Publishers; 2020. 1242 p. (In Russ.).
12. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2022: Russian Statistical Yearbook. Moscow: Rosstat Publishers; 2022. 1122 p. (In Russ.).
13. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2025: Russian Statistical Yearbook. Moscow: Rosstat Publishers; 2025. 1035 p. (In Russ.).
14. Recommendations to the Subjects of the Russian Federation on Improving the Quality of Assessing the Efficiency of Tax Expenditures Driven by Tax Benefits, Exemptions and Other Preferences. Ministry of Finance of the Russian Federation. Official Website. Documents. URL: [https://minfin.gov.ru/ru/document?id\\_4=305061-rekomendatsii\\_subektam\\_rossiiskoi\\_federatsii\\_po\\_povysheniyu\\_kachestva\\_otsenki\\_effektivnosti](https://minfin.gov.ru/ru/document?id_4=305061-rekomendatsii_subektam_rossiiskoi_federatsii_po_povysheniyu_kachestva_otsenki_effektivnosti). (In Russ.).
15. Tula SPLAV Signed an Agreement with an Enterprise from Mordovia. Online Media Tulsy Molodoy Kommunar. Publication date: August 14, 2023. URL: <https://mktula.ru/news/n/tulskiy-splav-podpisal-soglasenie-s-predpriyatiem-iz-mordovii/>. (In Russ.).
16. Faikov D.Yu., Baidarov D.Yu. Technological Independence, Technological Sovereignty, Technological Leadership: Features of Strategic Choice. *Scientific Works of the Free Economic Society of Russia*. 2025;253(3):265-275. DOI: 10.38197/2072-2060-2025-253-3-265-275. (In Russ.).
17. Shlychkov V.V., Bataykin P.A., Nestulaeva D.R. Sovereignization as a mechanism of effective economic security of Russia in the context of increasing geopolitical and geo-economic turbulence. *Economics and Management*. 2024;30(8):972-986. DOI: 10.35854/1998-1627-2024-8-972-986. (In Russ.).
18. Ahumada J.M. Bringing freedom back to developmentalism: industrialisation as national independence. *Cambridge Journal of Economics*. 2023;47(6):1037-1056. DOI: 10.1093/cje/bead030.
19. Aiginger K., Rodrik, D. Rebirth of industrial policy and an agenda for the twenty-first century. *Journal of Industry, Competition and Trade*. 2020;20(2):189-207.
20. Arshad Z., Shafique M.N., Madaleno M. et al. Decarbonizing economic growth through renewable energy in the EU economies. *Discover Sustainability*. 2025;6:1444. DOI: 10.1007/s43621-025-02288-1.
21. Bran A.-C. Trends in the Political Economy of Military Expenditure. The Case of Europe. *Proceedings of the International Conference on Business Excellence*. 2024;18(1):459-468. DOI: 10.2478/picbe-2024-0040.
22. Cohen E. Theoretical foundations of industrial policy. *EIB Papers (European Investment Bank (EIB), Luxembourg)*. 2006;11(1):84-106.
23. Criscuolo C., Gonne N., Kitazawa K. et al. An industrial policy framework for OECD countries: Old debates, new perspectives. *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*. 2022;127. DOI: 10.1787/0002217c-en.
24. Dullien S., Hackenbroich J. European industrial policy: A crucial element of strategic autonomy. *IMK Policy Brief*. 2022. No. 130.
25. Evenett S., Jakubik A., Martín F. et al. The return of industrial policy in data. *The World Economy*. 2024;47:2762-2788. DOI: 10.5089/9798400260964.001.

26. Industry 4.0: The Future of Smart Manufacturing. Technical Report. Telecommunication Engineering Center. Department of Telecommunications, Ministry of Communications, Government of India, June 2025. Publications. URL: [https://www.tec.gov.in/pdf/TR/TR\\_Industry%204.0%20The%20Future%20of%20Smart%20Manufacturing.pdf](https://www.tec.gov.in/pdf/TR/TR_Industry%204.0%20The%20Future%20of%20Smart%20Manufacturing.pdf).
27. Gopinath G. Europe in a Fragmented World: IMF First Deputy Managing Director's Remarks for the Bernhard Harms Prize. International Monetary Fund (IMF). Resources. November 30, 2023. URL: <https://www.imf.org/en/news/articles/2023/11/30/sp-fdmd-remarks-bernhard-harms-prize>.
28. Hanine S., Dinar B. Industrial sovereignty of Morocco: How far have we come? *Economics and Management Review*. 2024;2(2).
29. Hodge A., Piazza R., Hasanov F. et al. Industrial Policy in Europe: A Single Market Perspective. International Monetary Fund (IMF). Working Papers. December 16, 2024. WP 2024/249. DOI: 10.5089/9798400295690.001.
30. Kim K., Omarova S.T., Algers J. et al. Industrial Policy 2025: Bringing the State Back In (Again). Roosevelt Institute Publication. 2024. DOI: 10.2139/ssrn.5245881.
31. Li M.H. (ed.) Smart manufacturing: national implementation framework. 2022. 150 p. DOI: 10.61145/GETJ1519.
32. Maskus K.E. The impacts of technological geoeconomic fragmentation: Comments and observations (Pp. 75–83). In: Aiyar S., Presbitero A., Ruta M. (eds.) *Geoeconomic Fragmentation: The Economic Risks from a Fractured World Economy*. Centre for Economic Policy Research (CEPR). CEPR Press and International Monetary Fund, 2023. 150 p.
33. Rodrik D. The Manufacturing Imperative. Project Syndicate. The World' Opinion Page. August 10, 2011. URL: <http://www.project-syndicate.org/commentary/the-manufacturing-imperative>.
34. Schröder M., Mokudai T., Holst H. Industry 4.0 and lean augmentation? Digital transformation in the German and Japanese automotive industry. *International Journal of Automotive Technology and Management*. 2024;24(6):1–27. DOI: 10.1504/IJATM.2024.10068681.
35. Stöllinger R., Foster-McGregor N., Holzner M. et al. A 'Manufacturing Imperative' in the EU – Europe's Position in Global Manufacturing and the Role of Industrial Policy. WIIW Research Reports. 2013. No. 391. 69 p. URL: <https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1784538393&tld=ru&lang=en&name=a-manufacturing-imperative-in-the-eu--europe-s-position-in-global-manufacturingand-the-role-of-industrial-policy-dlp-3081>.
36. Strategy for American leadership in advanced manufacturing. National Science & Technology Council. A Report by the Subcommittee on Advanced Manufacturing, Committee on Technology of the National Science and Technology Council (NSTC). Washington, DC; 2018. 40 p.
37. The UK's Modern Industrial Strategy by the Secretary of State for Business and Trade. November 2025. Government of the UK. Department for Business and Trade. 160 p.
38. Tracking global industry relocation and its economic and environmental impacts 1997–2023. *Structural Change and Economic Dynamics*. 2026;77(C):258–273. DOI: 10.1016/j.strueco.2026.01.015
39. Venanzi R., Di Modica G., Foschini L. et al. Towards IT/OT integration in industry digitalization: A comprehensive survey. *Journal of Network and Computer Applications*. 2026;245:1–39. DOI: 10.1016/j.jnca.2025.104373.

#### Информация об авторах

Н.Ю. Коротина – доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры экономической безопасности ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет», [nkorotina@susu.ru](mailto:nkorotina@susu.ru).

И.В. Данилова – доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры экономической теории, региональной экономики, государственного и муниципального управления ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет», [daniilovaiv@susu.ru](mailto:daniilovaiv@susu.ru).

А.В. Карпушкина – доктор экономических наук, доцент, заведующий кафедрой экономической безопасности ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет», [nkorotina@susu.ru](mailto:nkorotina@susu.ru).

В.П. Деева – преподаватель кафедры экономической безопасности ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет», [deevavp@susu.ru](mailto:deevavp@susu.ru).

#### Information about the authors

N.Yu. Korotina, Doctor of Economic Sciences, Professor, the Dept. of Economic Security, South Ural State University, [nkorotina@susu.ru](mailto:nkorotina@susu.ru).

I.V. Danilova, Doctor of Economic Sciences, Full Professor, Professor, the Dept. of Economic Theory, Regional Economics, State and Municipal Management, South Ural State University, [daniilovaiv@susu.ru](mailto:daniilovaiv@susu.ru).

A.V. Karpushkina, Doctor of Economic Sciences, Docent, Head of the Department of Economic Security, South Ural State University, [karpushkinaav@susu.ru](mailto:karpushkinaav@susu.ru).

V.P. Deeva, Lecturer, the Dept. of Economic Security, South Ural State University, [deevavp@susu.ru](mailto:deevavp@susu.ru).

Статья поступила в редакцию 03.04.2026; одобрена после рецензирования 10.05.2026; принята к публикации 15.05.2026.

The article was submitted 03.04.2026; approved after reviewing 10.05.2026; accepted for publication 15.05.2026.

© Коротина Н.Ю., Данилова И.В., Карпушкина А.В., Деева В.П., 2026

5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА  
(ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 338.49

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2026\_2\_149

EDN: VKTFUO

**Особенности развития логистики экспорта зерновых культур  
в структуре внешнеторговой деятельности АПК регионов России**

Юрий Александрович Китаёв<sup>1✉</sup>, Максим Викторович Селюков<sup>2</sup>,  
Наталья Петровна Шалыгина<sup>3</sup>, Екатерина Олеговна Цевенкова<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург,  
Пушкин, Россия

<sup>2,3</sup> Северо-Западный институт управления – филиал Российской академии народного хозяйства  
и государственной службы при Президенте Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

<sup>4</sup> Транспортно-логистическая компания «Асстра Рус», Санкт-Петербург, Россия

<sup>1</sup> yurgenk@inbox.ru✉

**Аннотация.** Экспорт зерновых культур является одним из наиболее масштабных сегментов внешнеторговой деятельности агропромышленного комплекса России и характеризуется выраженной сезонностью и пространственной концентрацией грузопотоков. Устойчивость вывоза зерна из основных зернопроизводящих макрорегионов определяется параметрами транспортных коридоров, объединяющих подвоз экспортируемой продукции к портовой зоне, портово-терминальную обработку и морское плечо, а также согласованностью провозной способности смежных инфраструктурных звеньев. По данным Ассоциации морских торговых портов, в 2021–2025 гг. отмечена высокая концентрация грузооборота морских портов по бассейнам: суммарная доля Азово-Черноморского, Балтийского и Дальневосточного бассейнов составляла порядка 87,9–89,2% совокупного оборота, при этом доля крупнейшего бассейна (АЧБ) – около 30%. Сопоставление концентрации потоков и параметров провозной способности подходов к портам и портовых терминалов позволяет утверждать, что доминирование ограниченного числа бассейнов в совокупном грузообороте страны повышает чувствительность экспортной логистики к ограничениям инфраструктуры и к конкуренции сухогрузных номенклатур за ресурсы перевалки. С учетом того, что в периоды сезонного усиления подвоза перегрузки проявляются прежде всего на стыке железной дороги, терминала и порта, целесообразно рассматривать повышение значимости организационно-технологической синхронизации подвоза и перевалки как фактора устойчивости вывоза сельскохозяйственной продукции. Установлено, что приоритетными направлениями развития логистики зернового экспорта являются комплексное развитие подходов к портам и портово-терминальной инфраструктуры, повышение технологической согласованности перевозочного процесса, расширение применения инструментов государственной поддержки и цифровизация внешнеторгового документооборота для снижения транзакционных издержек и повышения прослеживаемости логистических затрат.

**Ключевые слова:** зерновой экспорт, логистические издержки, портовая перевалка, мультимодальные коридоры, государственная поддержка, цифровизация

**Финансирование:** статья подготовлена в рамках реализации инициативных научно-исследовательских работ Северо-Западного института управления – филиала ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации» (СЗИУ РАНХиГС), номер НИР в Домене «Наука и Инновации» 126020616793-9.

**Для цитирования:** Китаёв Ю.А., Селюков М.В., Шалыгина Н.П., Цевенкова Е.О. Особенности развития логистики экспорта зерновых культур в структуре внешнеторговой деятельности АПК регионов России // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, № 2(89). С. 149–160. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_149-160](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_149-160).

5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS  
(ECONOMIC SCIENCES)

Original article

**Features of the development of grain export logistics in the structure of foreign  
trade activities of Agro-Industrial Complexes of the regions of Russia**

Yuri A. Kitaev<sup>1✉</sup>, Maksim V. Selyukov<sup>2</sup>, Natalya P. Shalygina<sup>3</sup>, Ekaterina O. Tsevenkova<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Saint Petersburg State Agrarian University, Saint Petersburg-Pushkin, Russia

<sup>2,3</sup> North-West Institute of Management – Branch of the Russian Presidential Academy of National  
Economy and Public Administration, Saint Petersburg, Russia

<sup>4</sup> Transport and Logistic Asstra Rus Company, Saint Petersburg, Russia

<sup>1</sup> yurgenk@inbox.ru✉

**Abstract.** Exports of grain are one of the largest segments of foreign trade activity in Russia's Agro-Industrial Complex and are characterized by pronounced seasonality and spatial concentration of cargo flows. The sustainability of grain exports from the main grain-producing macroregions is determined by the parameters of transport corridors that combine the delivery of exported products to the port area, port-terminal processing and the sea level arm, as well as the coordination of the carrying capacity of adjacent infrastructure links. According to the Association of Sea Commercial Ports (ASOP), the distribution of seaport cargo turnover by basin remains highly concentrated in 2021-2025: the combined share of the Azov-Black Sea, Baltic, and Far Eastern basins accounts for approximately 87.9-89.2% of total turnover, while the share of the largest one (A-BS) remains at approximately 30%. A comparison of the concentration of flows and the carrying capacity parameters of port approaches and port terminals suggests that the dominance of a limited number of basins in the country's total cargo turnover increases the sensitivity of export logistics to infrastructure constraints and competition among dry-cargo list of items for transshipment capacity. Considering that during periods of seasonal increases in shipments, transshipments primarily occur at the intersection of the railway, terminal, and port, it is appropriate to consider the increasing importance of organizational and technological synchronization of shipments and transshipments as a factor of agricultural exports sustainability. It has been established that priority areas for the development of grain export logistics include the comprehensive development of port approaches and port-terminal infrastructure, increased technological coordination of the transportation process, expanded use of government support instruments, and the digitalization of foreign trade document flow to reduce transaction costs and improve the traceability of logistics expenses.

**Keywords:** exports of grain, logistics costs, port transshipment, multimodal corridors, government support, digitalization

**Funding:** the article was prepared as part of the implementation of initiative research projects of the North-West Institute of Management – Branch of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Science and Innovation Domain R&D No. 126020616793-9.

**For citation:** Kitaev Yu.A., Selyukov M.V., Shalygina N.P., Tsevenkova E.O. Features of the development of grain export logistics in the structure of foreign trade activities of Agro-Industrial Complexes of the regions of Russia. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(2):149-160. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_149-160](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_149-160).

## Введение

Зерновые культуры занимают ведущие позиции в структуре российского агроэкспорта и формируют значительные международные грузопотоки, характеризующиеся выраженной сезонностью и высокой пространственной концентрацией. По данным официальной статистики, стоимостной объем экспорта продукции агропромышленного комплекса (далее – АПК) в последние годы превышает 40 млрд долл. США, при этом удельный вес зерновых в товарной структуре устойчиво составляет около одной трети [1, 2]. Массовый характер перевозок и относительно низкая стоимость продукции на единицу массы обуславливают повышенную чувствительность экспортных операций к изменениям тарифов перевозки, стоимости перегрузочно-складских операций и времени накопления судовых партий, а сезонная концентрация отгрузок усиливает неравномерность потребности в провозной способности и подвижном составе на направлениях к портовым районам [12].

Специфика расположения отдельных зернопроизводящих макрорегионов, например Центрально-Черноземного региона, определяет мультимодальную природу зернового потока: массовый вывоз в дальние направления обеспечивается портовой инфраструктурой и морским плечом, тогда как устойчивость цепочки формируется за счет внутрироссийской доставки к портам. По информации ОАО «РЖД», годовые объемы погрузки зерна находятся на уровне десятков миллионов тонн, а сезонность подвоза повышает требования к согласованию графиков перевозок, обеспеченности подвижным составом и пропускной способности участков сети, ведущих к портам. На этапе морской перевозки, по данным Ассоциации морских торговых портов (АСОП), перевалка зерна и зернопродуктов в 2021–2025 гг. демонстрировала существенную межгодовую вариативность, что отражает изменчивость нагрузки на портово-терминальную инфраструктуру [3].

В научных исследованиях по логистике аграрного экспорта в качестве системных ограничений выделяются провозная способность подходов к портам, технологические параметры терминалов и конкуренция сухогрузных номенклатур за ресурсы перевалки в периоды сезонных максимумов, а также возрастающая роль морских и смешанных перевозок как элемента диверсификации экспортной логистики [4, 6, 7, 16, 18]. В этой связи

дальнейший анализ проблематики экспортной логистики зерна целесообразно вести в рамках транспортно-коридорного анализа, объединяя характеристики морского вывоза по бассейнам и параметры сухопутного подвоза на подходах к портам, что позволяет выявлять узкие места на стыке «железная дорога – порт – терминал» и обосновывать приоритеты организационно-технологических и инфраструктурных решений.

### Материалы и методы

Оценка пространственной концентрации грузопотоков морских портов и выявление инфраструктурных ограничений экспортной логистики зерна осуществлялись на основе открытых статистических и нормативно-аналитических материалов Ассоциации морских торговых портов (АСОП), ОАО «РЖД», Министерства транспорта РФ, ФГУП «Росморпорт», ФЦ «Агроэкспорт» и Российского экспортного центра, а также территориальных органов Федеральной службы государственной статистики с применением методов сравнительного и статистического анализа и сопоставлением полученных показателей с целевыми и проектными параметрами провозной способности подходов к портам и терминалов. Достоверность расчетов и корректность сопоставлений определялись путем контрольной проверки долевых показателей по исходным значениям грузооборота.

### Результаты и обсуждение

Зерновой экспорт относится к наиболее масштабным и регулярным направлениям агропродовольственного вывоза, при этом его реализация в значительной степени определяется логистическими возможностями транспортной и портовой инфраструктур. Массовый характер поставок, сезонность и концентрация грузопотоков в отдельных узлах повышают чувствительность экспортных операций к сбоям в перевозке и перевалке, что делает вопросы организации доставки и обработки ключевыми для устойчивости вывоза. Статистический контекст подтверждает ключевую роль зернового сегмента в агроэкспорте и критичность логистики для обеспечения массового вывоза (рис. 1).

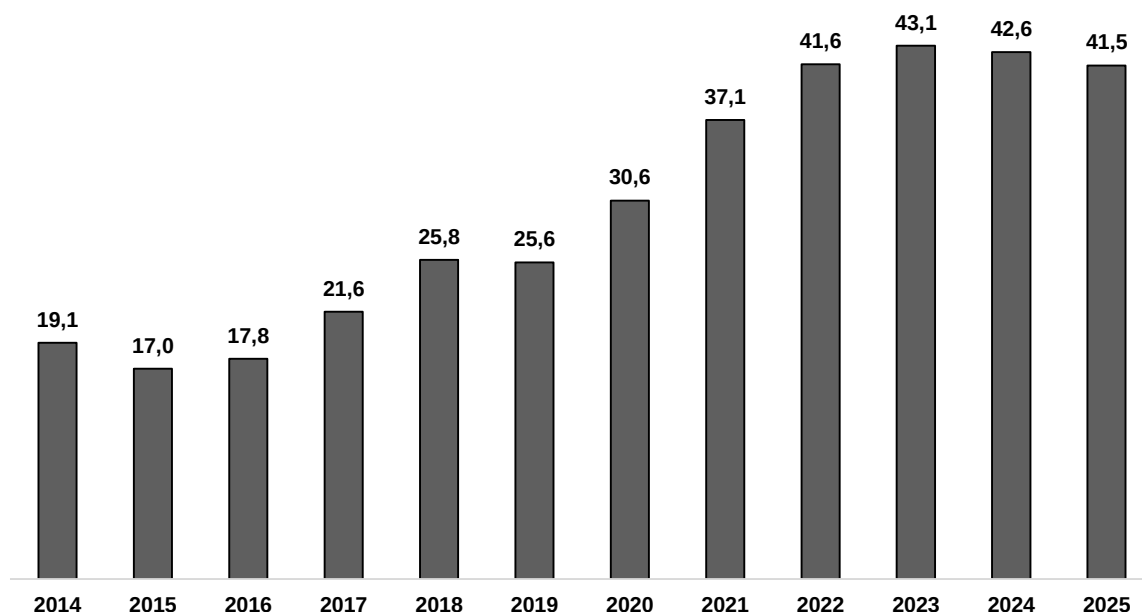


Рис. 1. Экспорт продукции АПК России в стоимостном выражении, 2014–2025 гг., млрд долл. США

Источник: составлено авторами по данным [1, 2].

Данные фиксируют устойчивое увеличение (в 2,2 раза) стоимостного экспорта продукции АПК России: с 19,1 млрд долл. США в 2014 г. до 41,5 млрд долл. США в 2025 г., при максимальном значении 43,1 млрд долл. США в 2023 г. Наиболее выраженное ускорение имело место в 2020–2023 гг. (с 30,6 до 43,1 млрд долл. США), после

чего отмечено умеренное сокращение в 2024–2025 гг. Для корректной интерпретации указанной динамики принципиально важно учитывать товарную структуру агроэкспорта, поскольку вклад отдельных товарных групп неодинаков (рис. 2).



**Рис. 2. Товарная структура экспорта продукции АПК России, 2020–2024 гг., %**

Источник: составлено авторами по данным [1].

Так, товарная структура экспорта продукции АПК регионов России характеризуется устойчивым преобладанием зерновых: их доля составляет 31–37%. Масложировая продукция занимает второе место, ее объем изменяется в диапазоне 16–22%. Наиболее заметное сокращение за период демонстрируют рыба и морепродукты, при этом товарная группа мясной и молочной продукции остается наименьшей по удельному весу (4,0–5,2%). Сформировавшаяся структура с доминированием зернового сегмента и значимой долей товаров массовых перевозок усиливает зависимость экспортных поставок от пропускной способности транспортной и портово-терминальной инфраструктуры.

Динамику и пространственную структуру экспортных поставок пшеницы целесообразно рассматривать как внешний контур логистики: именно география устойчивого импортного спроса задает направления морского плеча, регулярность отгрузок и требования к согласованию подвоза к портам. В этой связи в таблице 1 представлено распределение экспорта российской пшеницы по крупнейшим странам-импортерам в сезонах 2022–2025 гг., что позволяет выделить ключевые направления, формирующие основную нагрузку на экспортную инфраструктуру.

**Таблица 1. Направления экспорта российской пшеницы по основным странам-импортерам в 2022–2025 гг., млн т**

| Страна-импортер   | Июль 2022 – июнь 2023 | Июль 2023 – июнь 2024 | Июль 2024 – июнь 2025 |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Турция            | 9,20                  | 7,00                  | 3,55                  |
| Египет            | 8,10                  | 8,60                  | 8,61                  |
| Бангладеш         | 1,60                  | 3,80                  | 2,82                  |
| Алжир             | 2,14                  | 2,34                  | 1,76                  |
| Саудовская Аравия | 2,70                  | 2,30                  | 1,51                  |

Источник: составлено авторами по данным [15].



Данные по направлениям экспорта показывают сохранение устойчивого объема поставок в Египет (8,10–8,61 млн т) при одновременном снижении экспорта в Турцию (с 9,20 млн т до 3,55 млн т). Совокупный объем поставок по пяти крупнейшим направлениям составил 18,25 млн т в 2024–2025 гг., что подтверждает высокую концентрацию экспортных потоков на ограниченном числе внешних рынков и необходимость заранее прогнозировать сезонные пики отгрузок и согласовывать графики перевозок с графиком работ портов и железных дорог для поддержания ритмичности их деятельности.

Одним из ключевых агропромышленных кластеров России, играющих важную роль в обеспечении как внутреннего рынка, так и зернового экспорта страны, является Центрально-Черноземный регион. В 2025 г. здесь было произведено 22,9 млн т зерна при внутренней потребности 8,5–9,5 млн т, что позволяет говорить о том, что за пределы региона было вывезено 13,4 млн т зерна, из которых 6–8 млн т экспортированы за рубеж (рис. 3).

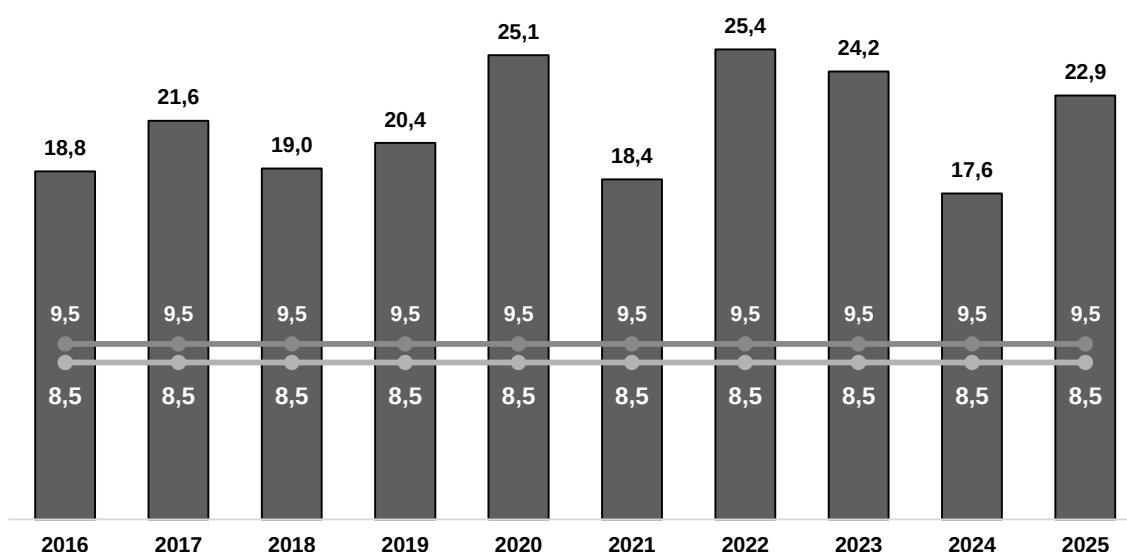


Рис. 3. Экспортный потенциал зернового комплекса ЦЧР в 2016–2025 гг., млн т

Источник: составлено авторами по данным [14].

За первый квартал 2026 г. области ЦЧР поставили на экспорт более 1,1 млн т пшеницы, при этом на март пришелся самый большой объем поставок – более 460 тыс. т. Среди субъектов Черноземья в первом квартале 2026 г. самый высокий рост экспортных поставок зерна в порты Азово-Черноморского бассейна обеспечила Липецкая область: регион увеличил объемы экспорта по сравнению с аналогичным периодом прошлого года более чем в пять раз – с 59 тыс. т до 332 тыс. т. Лидером по объему экспорта в макрорегионе стала Тамбовская область. С начала текущего года регион поставил на экспорт 370 тыс. т пшеницы в порты АЧБ, что более чем втрое выше показателя прошлого года.

В связи с тем что ЦЧР расположен в Центральной России и не имеет прямого выхода к глубоководным морским портам, основные экспортные потоки идут через Новороссийский морской торговый порт, порты Азово-Черноморского и Балтийского бассейнов. Внутривоспольская доставка к этим портам может осуществляться различными видами транспорта, однако статистически наиболее сопоставимым и объективным индикатором интенсивности зернового потока выступает железнодорожный транспорт, поскольку по железнодорожным сводкам легче отследить объемы массовых отправок на дальние расстояния и сезонную неравномерность (например, всплеск отправок зерна во время уборочной кампании, который потом плавно сходится на нет).

Рост объемов вывоза зерновых грузов по железной дороге из Центральной России бьет исторические рекорды, существенно опережая традиционные южные маршруты. По данным ОАО «РЖД», погрузка зерна составила 31,2 млн т в 2024 г. и 27,4 млн т в 2025 г., а доля зерна в общей погрузке по кварталам 2024–2025 гг. варьирует от 1,6 до 3,7%, формируя пики нагрузки на подвижной состав и на железнодорожные подходы к портам (табл. 2) [12]. Принципиально, что указанный сухопутный поток завершает движение в портовых районах, отнесенных к морским бассейнам, и тем самым непосредственно трансформируется в нагрузку на конкретные портовые узлы.

**Таблица 2. Доля зерна в общей погрузке на сети ОАО «РЖД», 2024–2025 гг.**

| Период                          | 2024 г.                  |                          |         | 2025 г.                  |                          |         |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------|--------------------------|--------------------------|---------|
|                                 | Погрузка<br>всего, млн т | Погрузка<br>зерна, млн т | Доля, % | Погрузка<br>всего, млн т | Погрузка<br>зерна, млн т | Доля, % |
| I квартал<br>(январь-март)      | 295,9                    | 8,2                      | 2,8     | 277,7                    | 5,7                      | 2,1     |
| II квартал<br>(апрель-июнь)     | 304,4                    | 7,7                      | 2,5     | 276,8                    | 4,4                      | 1,6     |
| III квартал<br>(июль-сентябрь)  | 289,4                    | 7,0                      | 2,4     | 275,7                    | 6,7                      | 2,4     |
| IV квартал<br>(октябрь-декабрь) | 291,7                    | 8,3                      | 2,8     | 285,6                    | 10,6                     | 3,7     |
| Год                             | 1181,4                   | 31,2                     | 2,6     | 1115,8                   | 27,4                     | 2,5     |

Источник: составлено авторами по данным [12].

Таким образом, морская перевалка характеризует заключительное звено экспортной цепочки. Выбор морских бассейнов в качестве базовой единицы анализа обусловлен технологической и экономической спецификой зерна как массового сухогруза: экспортные поставки формируются преимущественно в составе судовых партий, тогда как воздушный транспорт в силу ограничений грузоподъемности и высокой себестоимости перевозки не используется для регулярного вывоза зерновых. Железнодорожный и автодорожный транспорт в логистике грузопотоков выступают как звенья, определяющие интенсивность загрузки сухопутных подходов к портам, в то время как бассейновый разрез как аналитический инструмент позволяет соединить сухопутные этапы с портово-терминальной стадией и локализовать инфраструктурные ограничения внутри соответствующего транспортного коридора (когда «узкое место» найдено, можно принимать управленческие решения: модернизировать участок, изменить логистику, скорректировать планы грузоотправителей.).

По данным Ассоциации морских торговых портов (АСОП), в 2021–2025 гг. перевалка зерна и зернопродуктов в морских портах России существенно варьировала: от 42,4 млн т в 2021 г. до 74,8 млн т в 2024 г., что отражает высокую чувствительность зернового сегмента к изменениям в объемах урожая, экспортному спросу, логистическим сложностям и мировым ценам и, как следствие, к сезонной и межгодовой нагрузке на инфраструктуру [3].

Для количественной фиксации пространственной концентрации транспортных потоков представим грузооборот морских портов РФ по бассейнам за 2021–2025 гг. (табл. 3).

Сопоставление данных табл. 3 подтверждает выраженную концентрацию оборота в трех бассейнах (Азово-Черноморском, Балтийском и Дальневосточном): их суммарная доля в общем грузообороте морских портов составила 87,9% в 2021 г. и 89,2% в 2025 г. При этом Азово-Черноморский бассейн формировал 30,7% суммарного оборота в 2021 г. и 30,0% в 2025 г., что делает южное направление ключевым с точки зрения сезонных пиков вывоза зерна.

Таблица 3. Грузооборот морских портов РФ по бассейнам, 2021–2025 гг., млн т

| Бассейн            | 2021 г. |             | 2022 г. |             | 2023 г. |             | 2024 г. |             | 2025 г. |             |
|--------------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|
|                    | всего   | сухие грузы | всего   | сухие грузы | всего   | сухие грузы | всего   | сухие грузы | всего   | сухие грузы |
| Арктический        | 94,3    | 29,0        | 98,5    | 29,4        | 97,9    | 31,0        | 92,9    | 26,1        | 87,1    | 21,3        |
| Балтийский         | 252,8   | 118,2       | 245,5   | 96,9        | 248,6   | 113,1       | 273,0   | 123,8       | 271,3   | 126,8       |
| Азово-Черноморский | 256,8   | 114,3       | 263,6   | 121,1       | 291,4   | 140,8       | 275,7   | 131,2       | 265,4   | 118,7       |
| Каспийский         | 7,0     | 2,6         | 6,0     | 3,2         | 7,8     | 5,0         | 8,1     | 5,5         | 8,6     | 5,7         |
| Дальневосточный    | 224,3   | 148,7       | 227,8   | 154,0       | 238,1   | 157,0       | 236,5   | 154,5       | 252,1   | 169,1       |

Источник: составлено авторами по данным [3].

С учетом того, что концентрация по бассейнам сохранялась высокой на протяжении всего изучаемого периода, целесообразно рассматривать как рабочую гипотезу усиление риска локальных перегрузок на стыке «терминал – морское плечо» при росте внутриводной концентрации оборота в отдельных портовых узлах.

Для сопоставимости характеристик морских бассейнов в динамике 2021–2025 гг. используются показатели удельного веса сухих грузов в общем грузообороте, изменения объема сухих грузов за период и коэффициента вариации объема сухих грузов по годам (табл. 4).

Таблица 4. Показатели сухогрузного сегмента по морским бассейнам

| Бассейн            | Удельный вес сухих грузов в общем грузообороте, 2025 г., % | Изменение объема сухих грузов за 2021–2025 гг., % | Коэффициент вариации объема сухих грузов за 2021–2025 гг., % |
|--------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Арктический        | 24,5                                                       | –26,6                                             | 12,5                                                         |
| Балтийский         | 46,7                                                       | 7,3                                               | 9,1                                                          |
| Азово-Черноморский | 44,7                                                       | 3,8                                               | 7,6                                                          |
| Каспийский         | 66,3                                                       | 119,2                                             | 28,6                                                         |
| Дальневосточный    | 67,1                                                       | 13,7                                              | 4,3                                                          |

Источник: составлено авторами по данным [3].

Морские бассейны различаются по структуре и устойчивости сухогрузного сегмента, что влияет на предсказуемость вывоза в периоды сезонных пиков. Удельный вес сухих грузов в 2025 г. был максимальным в общем объеме Дальневосточного и Каспийского бассейнов, при этом Каспийский бассейн демонстрировал максимальное увеличение объема сухих грузов в 2021–2025 гг. (+119,2%) при наибольшем коэффициенте вариации (28,6%), тогда как Дальневосточный бассейн сочетал высокую долю сухих грузов с минимальным коэффициентом вариации (4,3%), что отражает более стабильную загрузку. Для Азово-Черноморского и Балтийского бассейнов характерны умеренные значения доли сухих грузов (44,7 и 46,7%) и сравнительно низкий коэффициент вариации (7,6 и 9,1%). По Арктическому бассейну отмечено снижение объема сухих грузов в 2021–2025 гг. (–26,6%) при низком удельном весе сухих грузов (24,5%), что ограничивает его роль как компенсирующего направления для зернового вывоза.

В Азово-Черноморском бассейне общий грузооборот достигал 265,4 млн т в 2025 г. при высокой концентрации в крупнейшем узле – новороссийском морском порте, который обеспечил 168,0 млн т в 2025 г., что свидетельствовало о росте доли Новороссии в обороте бассейна с 55,4% в 2023 г. до 63,3% в 2025 г. [3]. Ограничения южного коридора формируются связкой «портовый узел – железнодорожные подходы». В отчетности Минтранса России по итогам 2024 г. зафиксировано доведение провозной способности железнодорожных магистралей на Азово-Черноморском направлении до 125,1 млн т [13]. По данным ФГУП «Росморпорт», пропускная способность гру-

зовых терминалов морского порта Новороссийск составляет 222 847 тыс. т/год, в том числе сухие грузы – 44 355 тыс. т/год; морского порта Кавказ – 81 234 тыс. т/год (сухие грузы – 56 444 тыс. т/год), морского порта Туапсе – 38 490 тыс. т/год (сухие грузы – 11 490 тыс. т/год) [8]. Совокупность указанных параметров позволяет оценить перегрузки южного коридора как следствие концентрации оборота в 1–2 крупнейших портах при ограниченной пропускной способности подходов и необходимости синхронизации графиков подвода вагонов и слотов перевалки.

Для Северо-Западного коридора (Балтийский бассейн) характерен достаточно сопоставимый масштаб оборота: 273,0 млн т в 2024 г. и 271,3 млн т в 2025 г., при росте сухих грузов до 123,8–126,8 млн т [3]. В целях развития подходов к портам Северо-Западного бассейна Минтранс России фиксирует целевой показатель суммарной провозной способности 145,6 млн т [13]. Специфика данного направления состоит в конкуренции зерна за ресурсы перевалки с другими номенклатурами сухих грузов: по итогам 2024–2025 гг. объемы перевозки угля составляли 188,1–202,9 млн т, контейнерных грузов – 55,5–54,0 млн т и минеральных удобрений – 42,5–45,9 млн т [5]. В пересчете на доли это означает, что уголь формировал около 42,6–45,9% сухих грузов, тогда как зерно – около 11,8–17,0%, что повышает требования к планированию вывоза в условиях ограниченных мощностей портовой инфраструктуры.

Восточный коридор (Дальневосточный бассейн) характеризуется ростом общего грузооборота до 252,1 млн т в 2025 г. при увеличении сухих грузов до 169,1 млн т [3]. Инфраструктурная специфика направления связана с пропускной способностью Восточного полигона: Минтранс России указывает доведение провозной способности Восточного полигона до 180 млн т [13]. Для экспортной логистики зерновых культур это устанавливает предельный уровень наращивания объемов вывоза по восточному маршруту и требует обеспечения нормативной технологической организованности перевозочного процесса на протяженном плече.

Каспийское направление остается существенно меньшим по масштабу (8,1–8,6 млн т общего оборота в 2024–2025 гг.), хотя и демонстрирует рост сухогрузной составляющей относительно уровня 2021–2022 гг. [3]. Потенциал альтернативной логистики через Каспий методически корректно связывать со сквозными коридорными параметрами МТК «Север – Юг»: по данным Минтранса России объем перевозок по коридору по итогам 2024 г. достиг 20 млн т, включая 9,5 млн т по западному маршруту, при одновременной фиксации потребности в развитии инфраструктуры астраханского транспортно-портового узла и каспийских портов [11]. Дополнительное значение для устойчивости коридоров имеет устранение ограничений на внутренних водных путях: Минтранс России указывает ожидаемое увеличение пропускной способности внутренних водных путей за счет ввода Багаевского гидроузла на 19 млн т, а также модернизацию Городецких шлюзов, оцениваемую в 16,4 млн т [5].

Таким образом, в условиях высокой сезонности зернового экспорта и концентрации потоков по ограниченному числу узлов повышение устойчивости вывоза зерна из ключевых зернопроизводящих макрорегионов, таких как ЦЧР, в краткосрочной перспективе целесообразно связывать с организационно-технологическими решениями, которые не требуют капиталоемкого строительства. К таким решениям относятся синхронизация планов погрузки и подвода вагонов с фактическими «окнами» портовой перевалки, приоритизация маршрутных отправок на подходах к портам в периоды высокой нагрузки, развитие практик предварительного бронирования терминальных мощностей и переход к более детальному планированию графиков подачи подвижного состава. Дополнительный эффект может давать управляемое перераспределение части потоков между бассейнами при наличии свободных мощностей, а также сокращение простоев за счет унификации требований к документальному сопровождению и цифрового обмена данными между грузоотправителями, перевозчиком и портовыми операторами.

В долгосрочной перспективе снижение коридорных ограничений требует согласованного наращивания пропускной способности ключевых звеньев цепочки, чтобы прирост мощностей на одной стадии не трансформировался в задержки на другой. Для Южного и Северо-Западного направлений это означает необходимость взаимосвязи проектов по развитию железнодорожных подходов с модернизацией терминалов и складской инфраструктуры, а для восточного направления – привязку потенциального расширения зернового вывоза к параметрам развития Восточного полигона. Диверсификация экспортных потоков в сторону Каспийского направления и МТК «Север – Юг» может рассматриваться как комплементарная мера, однако требует поэтапного укрепления портовой базы и устранения узких мест на внутренних водных путях, что отражено в приоритетах инфраструктурных проектов отрасли [5, 13].

Государственную поддержку экспортной логистики зерна следует рассматривать как инструмент, влияющий на экономику мультимодальной цепочки при наличии инфраструктурных ограничений транспортных коридоров. В текущих условиях меры поддержки не изменяют физическую пропускную способность коридоров, но воздействуют на величину и структуру транспортных издержек и тем самым – на устойчивость вывоза в периоды сезонных пиков и при перераспределении потоков между направлениями.

Меры поддержки включают компенсацию части фактически понесенных затрат на транспортировку продукции АПК при соблюдении условий отбора и документальном подтверждении расходов в соответствии с Решением Минсельхоза России от 15.01.2025 № 25-61831-02052-Р «О порядке предоставления субсидии на государственную поддержку российских организаций в целях снижения затрат на транспортировку сельскохозяйственной и продовольственной продукции» [9, 17].

Для зерновой логистики принципиально, что компенсационный механизм, установленный Решением № 25-61831-02052-Р, охватывает перевозки железнодорожным, автомобильным и водным транспортом, включая мультимодальные схемы, что позволяет учитывать экономику внутрироссийского подвоза к портам и терминалам и, при соответствующей структуре договора перевозки и наличии подтверждающих документов, отдельные участки маршрута после перевалки [9, 17].

Применимость компенсации определяется наличием у экспортера фактически понесенных транспортных расходов, что в экспортных поставках связано с распределением обязанностей по оплате перевозки в зависимости от базиса поставки (табл. 5) [10, 19].

**Таблица 5. Формирование транспортных расходов экспортера в зависимости от базиса поставки**

| Базис поставки | Платательщик расходов за внутрироссийскую доставку к порту/терминалу | Платательщик расходов на морской фрахт | Фактически понесенные транспортные расходы у экспортера, которые потенциально могут быть заявлены к компенсации                                        |
|----------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| EXW            | Покупатель                                                           | Покупатель                             | Не формируются                                                                                                                                         |
| FCA            | Экспортер – до согласованного пункта передачи, далее – покупатель    | Покупатель                             | 1. Формируются по внутреннему участку до точки передачи.<br>2. Морское плечо не формируется                                                            |
| FOB            | Экспортер                                                            | Покупатель                             | 1. Формируются расходы на внутрироссийскую доставку и портовую стадию.<br>2. Морской фрахт не формируется                                              |
| CFR            | Экспортер                                                            | Экспортер                              | 1. Формируются расходы на внутрироссийскую доставку и морской фрахт                                                                                    |
| CIF            | Экспортер                                                            | Экспортер                              | 1. Формируются расходы на внутрироссийскую доставку и фрахт.<br>2. Страхование учитывается в пределах правил механизма и документального подтверждения |

Источник: составлено авторами по данным [10, 19].

Как следует из анализа приведенных данных, при базисах EXW и FCA значительная часть затрат на основной участок перевозки переносится на покупателя, что ограничивает экономический эффект компенсации для экспортера в отношении морского плеча и смещает фокус на внутрироссийский подвоз до точки передачи. При базисе FOB у экспортера формируются затраты на внутреннее плечо доставки и портовую стадию, что делает компенсацию релевантной прежде всего участку «подходы к портам – перевалка», который в ряде коридоров является системным ограничением. При базисах CFR и CIF у экспортера возникает обязанность по оплате фрахта, что расширяет размер возможных компенсируемых расходов, однако фактическая применимость зависит от документального подтверждения затрат и соблюдения условий отбора [9, 17]. Тем самым влияние поддержки на перераспределение потоков между бассейнами определяется не только перечнями приоритетных направлений и критериями отбора, но и типовой контрактной практикой распределения транспортных расходов.

Компенсация транспортных затрат в рамках механизма, установленного Решением № 25-61831-02052-Р, и железнодорожные тарифные льготы применимы прежде всего к участкам цепочки, где ограничения коридоров сопровождаются ростом издержек на внутрироссийском плече доставки (железнодорожные и автомобильные перевозки до портов и терминалов), а также к мультимодальным схемам с участием водного транспорта при переориентации потоков на альтернативные направления, однако данные меры не заменяют мероприятий по развитию провозной способности подходов к портам и инфраструктуры ключевых транспортных коридоров.

### **Выводы**

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что узкие места экспортной логистики зерна в России обусловлены параметрами транспортных коридоров и формируются на стыке смежных звеньев мультимодальной цепочки. Высокая пространственная сосредоточенность портового грузооборота в бассейновом разрезе обуславливает повышение чувствительности экспортных поставок к сезонной неравномерности грузопотоков и к нарушениям работы отдельных узлов инфраструктуры, а одновременно усиление доминирования крупнейших портов внутри бассейнов повышает значение железнодорожных подходов к портам как лимитирующего звена мультимодальной цепочки.

С учетом вышеизложенного можно предложить следующие приоритетные направления повышения устойчивости экспортной логистики зерна:

- синхронизация развития железнодорожных подходов и портово-терминальной инфраструктуры на южном направлении, включая технологическую согласованность графиков подвоза и режимов перевалки в крупнейших узлах;
- учет ресурсной конкуренции сухогрузов в Балтийском бассейне при планировании вывоза зерна, развитие механизмов согласования подвоза и распределения терминальных мощностей с учетом сезонных ограничений;
- привязка потенциального расширения зернового вывоза на восточном направлении к параметрам развития Восточного полигона, а также повышение технологической дисциплины перевозочного процесса на длинном плече;
- поэтапное укрепление инфраструктурной базы Каспийского направления и МТК «Север – Юг» как комплементарного канала вывоза, включая устранение узких мест на внутренних водных путях и в узлах перевалки;
- применение мер государственной поддержки как инструмента влияния на структуру и величину издержек на участках цепочки, где коридорные ограничения сопровождаются ростом затрат;
- развитие цифровизации внешнеторгового документооборота и унификация требований к подтверждению логистических расходов как условия снижения транзакционных издержек и повышения прослеживаемости затрат по этапам мультимодальной цепочки.

**Список источников**

1. Аграрный экспорт регионов РФ в 2024 году [Электронный ресурс] // Агроэкспорт. Федеральный центр развития экспорта продукции АПК Минсельхоза России. URL: [https://aemcx.ru/wp-content/uploads/2025/04/agrarnyj-eksport\\_regionov\\_rf\\_2024.pdf](https://aemcx.ru/wp-content/uploads/2025/04/agrarnyj-eksport_regionov_rf_2024.pdf) (дата обращения: 02.02.2026).
2. Внешняя торговля Российской Федерации. Итоги [Электронный ресурс] // Федеральная таможенная служба. Официальный сайт. URL: <https://customs.gov.ru/statistic/vneshn-torg> (дата обращения: 29.01.2026).
3. Грузооборот морских портов России за 2025 год [Электронный ресурс] // Ассоциация морских торговых портов (АСОП): сайт Morport.com. Дата публикации: 16.01.2026. URL: <https://www.morport.com/rus/news/gruzooborot-morskih-portov-rossii-za-2025-god> (дата обращения: 25.01.2026).
4. Глазов И.А., Павлова Е.И. Современные тренды в обеспечении безопасности экспортных поставок зерновых грузов // Транспортное дело России. 2025. № 3. С. 27–30.
5. Доклад о реализации транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года. Отчетный период: 2024 год // Министерство транспорта Российской Федерации. URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/11/14558> (дата обращения: 12.02.2026).
6. Климентова Э.А., Дубовицкий А.А., Евдокимова Е.А. Современное состояние и перспективы развития зернового производства в условиях санкционного давления // Экономика сельского хозяйства России. 2024. № 1. С. 69–76. DOI 10.32651/241-69.
7. Матвеева О.П., Тихонович Е.В., Прушковская Е.Е. Экспорт продовольственных товаров в условиях геоэкономической нестабильности: состояние, проблемы, перспективы развития // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2025. № 2(111). С. 103–118. DOI: 10.21295/2223-5639-2025-2-103-118.
8. Морские порты Азово-Черноморского бассейна: пропускная способность и технико-эксплуатационные характеристики [Электронный ресурс] // ФГУП «Росморпорт». URL: [https://www.rosmorport.ru/filials/nvr\\_seaports/](https://www.rosmorport.ru/filials/nvr_seaports/) (дата обращения: 03.02.2026).
9. О порядке предоставления субсидии на государственную поддержку российских организаций в целях снижения затрат на транспортировку сельскохозяйственной и продовольственной продукции: Решение Минсельхоза России от 15.01.2025 № 25-61831-02052-Р [Электронный ресурс] // Минсельхоз России: официальный сайт. URL: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/b9d/jo88a83h226> (дата обращения: 11.02.2026).
10. О свидетельствовании обычая, сложившегося в сфере предпринимательской деятельности: Постановление Совета ТПП РФ от 24.06.2021 № 8-2 [Электронный ресурс]. URL: <https://legalacts.ru/doc/postanovlenie-soveta-tp-pf-ot-24062021-n-8-2-o/> (дата обращения: 12.02.2026).
11. Перевозки по международному транспортному коридору «Север–Юг» продолжают, несмотря на внешние факторы [Электронный ресурс] // Министерство транспорта Российской Федерации. Дата публикации: 01.04.2026. URL: <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/12533> (дата обращения: 10.02.2026).
12. Погрузка на сети ОАО «РЖД» в 2025 году составила 1 млрд 116 млн тонн [Электронный ресурс] // Официальный сайт ОАО «РЖД». Дата публикации: 12.01.2026. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9397/page/> (дата обращения: 06.02.2026).
13. Публичная декларация ключевых целей и приоритетных задач [Электронный ресурс] // Минтранс России: сайт. URL: <https://mintrans.gov.ru/ministry/targets/121> (дата обращения: 10.02.2026).
14. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2025: Статистический сборник. Москва: Росстат, 2025. 1035 с.
15. «Русагротранс» перевез рекордный объем зерна в экспортном направлении [Электронный ресурс] // Русагротранс. URL: <https://www.rusagrottrans.ru/press/novosti/za-pyat-mesyatsevi> (дата обращения: 03.02.2026).
16. Суслов С.А., Филиппова О.Н. Современное состояние производства зерна в Российской Федерации и перспективные направления развития // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. 2024. Т. 14, № 6. С. 10–26. DOI: 10.21869/2223-1552-2024-14-6-10-26.
17. Транспортировка товаров АПК [Электронный ресурс] // АО «Российский экспортный центр». URL: <https://www.exportcenter.ru/services/spetsialnye-programmy-po-podderzhke-eksporta> (дата обращения 15.02.2026).
18. Чухарев А.В. Российский зерновой экспорт в условиях экономических санкций Запада // Экономические и социальные проблемы России. 2024. № 3(59). С. 119–135. DOI: 10.31249/espr/2024.03.07.
19. Review of Maritime Transport 2025. Chapter III: Freight rates and maritime transport costs [Электронный ресурс] // UNCTAD. URL: [https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2025ch3\\_en.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2025ch3_en.pdf) (дата обращения 01.02.2026).

**References**

1. Agricultural Exports of Russian Regions in 2024. Agroexport Website. Federal Center for Agricultural Export Development of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation. URL: [https://aemcx.ru/wp-content/uploads/2025/04/agrarnyj-eksport\\_regionov\\_rf\\_2024.pdf](https://aemcx.ru/wp-content/uploads/2025/04/agrarnyj-eksport_regionov_rf_2024.pdf). (In Russ.).
2. Foreign Trade of the Russian Federation. Final Results. Federal Customs Service. Official Website. URL: <https://customs.gov.ru/statistic/vneshn-torg>. (In Russ.).
3. Cargo Turnover of Russian Seaports for 2025. Association of Sea Commercial Ports (ASOP) Website Morport.com. Publication date: 16.01.2026. URL: <https://www.morport.com/rus/news/gruzooborot-morskih-portov-rossii-za-2025-god>. (In Russ.).
4. Glazov I.A., Pavlova E.I. Modern trends in ensuring the security of export shipping of grain cargo. *Transport Business of Russia*. 2025;3(180):27-30. (In Russ.).
5. Report on the implementation of the transport strategy of the Russian Federation up until 2030 with a forecast for the period up to 2035. Reporting period: 2024. Official Internet resource of the Ministry of Transport of the Russian Federation. URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/11/14558>. (In Russ.).

6. Klimentova E.A., Dubovitsky A.A., Evdokimova E.A. The current state and prospects of grain production development under the conditions of sanctions pressure. *Economics of Agriculture of Russia*. 2024;1:69-76. DOI: 10.32651/241-69. (In Russ.).
7. Matveeva O.P., Tikhonovich E.V., Prushkovskaya E.E. Food export in conditions of geoeconomic instability: status, problems, development prospects. *Herald of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law*. 2025;2(111):103-118. DOI: 10.21295/2223-5639-2025-2-103-118. (In Russ.).
8. Seaports of the Azov-Black Sea Basin: throughput capacity and technical & operational characteristics. Rosmorport Website. URL: [https://www.rosmorport.ru/filials/nvr\\_seaports/](https://www.rosmorport.ru/filials/nvr_seaports/). (In Russ.).
9. On the procedure for providing subsidies for state support of Russian organizations in order to reduce the costs of transportation of agricultural and food products: Decision of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation of 15.01.2025 No. 25-61831-02052-R. URL: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/b9d/jo88a83h226>. (In Russ.).
10. On certifying practices established in the sphere of entrepreneurial activity: Resolution of the Council of the Chamber of Commerce and Industry of the Russian Federation of June 24, 2021 No. 8-2. URL: <https://legalacts.ru/doc/postanovlenie-soveta-tpp-rf-ot-24062021-n-8-2-ol/>. (In Russ.).
11. Transportation along the North–South international transport corridor continues despite external factors. Official Internet resource of the Ministry of Transport of the Russian Federation. Publication date: 01.04.2026. URL: <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/12533>. (In Russ.).
12. Loading on the network of Russian Railways in 2025 amounted to 1 billion 116 million tons. Russian Railways Official Website. Publication date: 12.01.2026. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9397/page> (In Russ.).
13. Public declaration of key goals and priority objectives. Official Internet resource of the Ministry of Transport of the Russian Federation. URL: <https://mintrans.gov.ru/ministry/targets/121>. (In Russ.).
14. Regions of Russia. Social and Economic Indicators. 2025. Statistical Yearbook. Moscow: Rosstat Publishers; 2025. 1035 p. (In Russ.).
15. Rusagrotrans transported a record volume of grain in the export direction. Rusagrotrans.ru Website. URL: <https://www.rusagrotrans.ru/press/novosti/za-pyat-mesyatsev>. (In Russ.).
16. Suslov S.A., Filippova O.N. Current state of grain production in the Russian Federation and promising areas of development. *Proceedings of the Southwest State University. Series: Economics. Sociology. Management*. 2024;6:10-26. DOI: 10.21869/2223-1552-2024-14-6-10-26. (In Russ.).
17. Agricultural Products Transportation. Russian Export Center Website. URL: <https://www.exportcenter.ru/services/spetsialnye-programmy-po-podderzhke-eksporta>. (In Russ.).
18. Chukharev A.V. Russian grain export under economic sanctions of West. *Economic and social problems of Russia*. 2024;3(59):119-135. DOI: 10.31249/espr/2024.03.07. (In Russ.).
19. Review of Maritime Transport 2025. Chapter III: Freight rates and maritime transport costs. UNCTAD. URL: [https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2025ch3\\_en.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2025ch3_en.pdf).

#### Информация об авторах

Ю.А. Китаёв – доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры организации аграрного производства и менеджмента ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», [yurgenk@inbox.ru](mailto:yurgenk@inbox.ru).

М.В. Селюков – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры таможенного администрирования Северо-Западного института управления – филиала ФГБОУ «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации» (СЗИУ РАНХиГС), [selyukov-mv@ranepa.ru](mailto:selyukov-mv@ranepa.ru).

Н.П. Шалыгина – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры таможенного администрирования Северо-Западного института управления – филиала ФГБОУ «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации» (СЗИУ РАНХиГС), [shalygina-np@ranepa.ru](mailto:shalygina-np@ranepa.ru).

Е.О. Цевенкова – ассистент транспортного экспедитора отдела международных морских контейнерных перевозок транспортно-логистической компании «Асстра Рус», [tsevenkovakate@yandex.ru](mailto:tsevenkovakate@yandex.ru).

#### Information about the authors

Yu.A. Kitaev, Doctor of Economic Sciences, Docent, Professor, the Dept. of Organization of Agricultural Production and Management, Saint Petersburg State Agrarian University, [yurgenk@inbox.ru](mailto:yurgenk@inbox.ru).

M.V. Selyukov, Candidate of Economic Sciences, Docent, Docent, the Dept. of Customs Administration, North-West Institute of Management – Branch of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, [selyukov-mv@ranepa.ru](mailto:selyukov-mv@ranepa.ru).

N.P. Shalygina, Candidate of Economic Sciences, Docent, Docent, the Dept. of Customs Administration, North-West Institute of Management – Branch of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, [shalygina-np@ranepa.ru](mailto:shalygina-np@ranepa.ru).

E.O. Tsevenkova, Forwarding Agent Assistant, International Sea Container Transportation Division, Transport and Logistic Asstra Rus Company, [tsevenkovakate@yandex.ru](mailto:tsevenkovakate@yandex.ru).

Статья поступила в редакцию 15.03.2026; одобрена после рецензирования 20.04.2026; принята к публикации 26.04.2026.

The article was submitted 15.03.2026; approved after reviewing 20.04.2026; accepted for publication 26.04.2026.

© Китаёв Ю.А., Селюков М.В., Шалыгина Н.П., Цевенкова Е.О., 2026



5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА  
(ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 332.145

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2026\_2\_161

EDN: WIXPJG

**Ресурсно-экономический потенциал сельскохозяйственного  
производства как основа диверсификации сельской экономики**

Людмила Владимировна Евграфова<sup>1✉</sup>, Марина Владимировна Муравьева<sup>2</sup>

<sup>1, 2</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева,  
Москва, Россия

<sup>1</sup> lyudmilaevgrafova@rgau-msha.ru✉

**Аннотация.** Рассматривается ресурсно-экономический потенциал российских сельхозтоваропроизводителей как основа диверсификации сельской экономики. Представлен анализ динамики занятости, использования рабочего времени, уровня оплаты труда, инвестиций в основной капитал, состояния и структуры основных фондов, уровня самообеспечения базовыми продуктами питания, производства сельскохозяйственной продукции по категориям хозяйств, а также показателей деятельности сельскохозяйственных организаций и малых предприятий России на основе данных официальной статистики за 2015–2024 гг. Проведенный анализ позволяет утверждать, что современное сельское хозяйство уже вышло из фазы, отличительной чертой которой являлось простое отсутствие ресурсов. В настоящее время более существенным ограничением становится неполная конверсия накопленных ресурсов в эквивалентный экономический и структурный результат. Установлено, что развитие аграрного сектора сопровождается сокращением живого труда при одновременном росте капиталобеспеченности, модернизации производственной базы и увеличении объемов производства по ряду ключевых направлений, что формирует объективные предпосылки для расширения несельскохозяйственных видов экономической активности на селе. Показано, что диверсификация сельской экономики выступает не внешним дополнением к аграрному производству, а внутренне обусловленным способом повышения полноты использования уже накопленной ресурсной базы, способна усиливать продовольственную, социальную и пространственную устойчивость сельских территорий. Практическое значение результатов проведенного исследования заключается в том, что для сельскохозяйственных организаций стратегический резерв развития смещается от простого наращивания объема сырьевого производства к расширению хозяйственных функций – переработке, хранению, кооперации, сервису и работе в нишевых сегментах. Именно такой подход призван обеспечить более полную реализацию ресурсно-экономического потенциала и создать основу для устойчивой диверсификации сельской экономики.

**Ключевые слова:** сельская экономика, диверсификация, сельские территории, ресурсно-экономический потенциал, продовольственная безопасность, устойчивое развитие

**Для цитирования:** Евграфова Л.В., Муравьева М.В. Ресурсно-экономический потенциал сельскохозяйственного производства как основа диверсификации сельской экономики // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, 2(89). С. 161–173. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_161](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_161)–173.

5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS  
(ECONOMIC SCIENCES)

Original article

**Resource & economic potential of agricultural production  
as a basis for rural economy diversification**

Lyudmila V. Evgrafova<sup>1✉</sup>, Marina V. Muravyeva<sup>2</sup>

<sup>1, 2</sup> Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

<sup>1</sup> lyudmilaevgrafova@rgau-msha.ru✉

**Abstract.** Resource and economic potential of Russian agricultural producers is considered as the basis for the diversification of the rural economy. The authors present an analysis of the dynamics of employment, the use of working hours, the level of wages, investments in fixed assets, the state and structure of fixed assets, the level of self-sufficiency in basic foodstuffs, agricultural production by category of farms, as well as performance indicators of agricultural organizations and small enterprises based on official statistics for 2015-2024. The analysis suggests that modern agriculture has already emerged from a phase characterized by a simple lack of resources. Currently, a more significant limitation is the incomplete conversion of accumulated resources into an equivalent economic and

structural result. It has been established that the development of the agricultural sector is accompanied by a reduction in living labor, while increasing capital availability, modernizing the production base and increasing production in a number of key areas, which creates objective prerequisites for the expansion of non-agricultural economic activity in rural areas. It is shown that the diversification of the rural economy is not an external complement to agricultural production, but an internally determined way to increase the full use of the already accumulated resource base, capable of enhancing the food, social and spatial sustainability of rural areas. The practical significance of the research results lies in the fact that for agricultural organizations, the strategic development reserve is shifting from simply increasing the volume of raw materials production to expanding economic functions – processing, storage, cooperation, service and work in niche segments. This approach is designed to ensure a more complete realization of resource and economic potential and create the basis for sustainable diversification of the rural economy.

**Keywords:** rural economy, diversification, rural areas, resource and economic potential, food security, sustainable development

**For citation:** Evgrafova L.V., Muravyeva M.V. Resource & economic potential of agricultural production as a basis for rural economy diversification. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(2):161-173. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_161-173](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_161-173).

**Введение**  
Россия на протяжении последних двух десятилетий последовательно реализует курс на экономическую диверсификацию. Этот процесс носит поэтапный характер и зависит от внешнеэкономической конъюнктуры. Макроэкономические изменения последних лет усилили внимание к структурным сдвигам и ускорили трансформацию ряда отраслей. В этой связи актуальными остаются вопросы изучения направлений диверсификации экономики сельских территорий. Новый импульс этим процессам задают такие тренды, как цифровизация сельского хозяйства, развитие технологий производства органической сельскохозяйственной продукции, новые возможности несельскохозяйственной занятости в сельской местности.

Несмотря на наличие довольно широкого круга исследований по вопросам диверсифицированного развития сельской экономики в различных ее аспектах, современные цивилизационные трансформации определяют новые возможности и направления этого процесса, которые требуют своего изучения и осмысления.

Диверсификация сельской экономики в большинстве исследований российских экспертов рассматривается как переход от монофункциональной модели (где доминирует сельское хозяйство как отрасль) к полифункциональной (многоотраслевой) с развитием неаграрных видов деятельности на сельских территориях, в частности таких, как переработка, оказание различных услуг, кооперация, несельскохозяйственная занятость. Однако в таком контексте зачастую остается нераскрытым главный вопрос: за счет каких внутренних ресурсов и при каких ограничениях диверсификация становится экономически необходимой? Без ответа на этот вопрос диверсификация предстает как нормативная рекомендация, а не как следствие закономерностей развития аграрной системы [5, 8, 9]. Именно поэтому ключевое значение приобретает категория ресурсно-экономического потенциала сельскохозяйственного производства.

Цель представленного исследования заключалась в разработке и апробации методического подхода к оценке ресурсно-экономического потенциала сельскохозяйственного производства как основы диверсификации сельской экономики.

### Материалы и методы

Информационной базой послужили материалы официальной статистики, прежде всего данные Федеральной службы государственной статистики (Росстат), характеризующие состояние сельскохозяйственных организаций, крестьянских (фермерских) хозяйств и хозяйств населения за период 2015–2024 гг.

В процессе исследования использованы следующие методы: сравнительного анализа, структурно-динамического анализа, логико-экономической интерпретации статистических показателей, а также метод научного обобщения.

Авторские расчеты выполнены на основе уже имеющихся статистических таблиц без изменения исходной эмпирической базы, что позволяет обеспечить объективность и достоверность при разработке и апробации методического подхода к оценке ресурсно-экономического потенциала сельскохозяйственного производства как основы диверсификации сельской экономики.

### Результаты и их обсуждение

Термин «ресурсно-экономический потенциал» в экономике часто используют, когда хотят оценить, насколько успешно у товаропроизводителя сочетаются имеющиеся ресурсы и их способность давать экономический эффект, то есть насколько эти ресурсы сбалансированы, как они взаимодействуют и какой результат дают.

Исходя из поставленной цели исследования, ресурсно-экономический потенциал сельскохозяйственного производства определяется как интегрированная способность аграрной системы на основе имеющихся природно-климатических, земельных, трудовых, производственно-технических, инвестиционных и организационно-структурных ресурсов обеспечивать выпуск продукции, продовольственную устойчивость и расширение хозяйственных функций сельской экономики. Принципиально важно, на наш взгляд, что в это определение включаются не только наличие различных видов ресурсов, но и возможность их реализации через конкретные хозяйственные механизмы, а также результаты и отдача (см. рис.).



### Структура ресурсно-экономического потенциала сельскохозяйственного производства

Источник: составлено авторами.

Как следует из авторского понимания ресурсно-экономического потенциала сельскохозяйственного производства, диверсификация не начинается «с нуля». Она представляет собой результат того, каким образом аграрная система использует уже накопленные ресурсы и в каких точках возникают дисбалансы между ресурсной базой и ее фактической отдачей. Для практической оценки ресурсно-экономического потенциала сельскохозяйственного производства применялась трехуровневая модель, базовые показатели которой представлены в таблице 1. При этом рабочая гипотеза оценки строилась на сопоставлении этих уровней. Если ресурсный уровень увеличивается быстрее трансформационного и структурно-диверсификационного, это означает неполную реализацию потенциала. Если же структурная сложность и отдача ресурсов повышаются синхронно с накоплением базы, то это свидетельствует о более высокой степени реализации потенциала.

**Таблица 1. Трехуровневая модель оценки реализации ресурсно-экономического потенциала сельскохозяйственного производства**

| Уровни                        | Содержание                                                   | Базовые показатели                                                                                                                      | Результаты                                        |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Ресурсный                     | Наличие и изменение ресурсной базы                           | Площадь сельскохозяйственных угодий, поголовье скота и птицы, организационно-правовая форма (ОПФ), занятость, рабочее время, инвестиции | Показывает, чем располагает аграрная система      |
| Трансформационный             | Превращение ресурсов в результат                             | Производство на одного занятого, фондоотдача, окупаемость инвестиций                                                                    | Оценивает интенсивность реализации ресурсов       |
| Структурно-диверсификационный | Распределение результатов между участниками аграрной системы | Структура производства в разрезе категорий хозяйств                                                                                     | Фиксирует усложнение структуры сельской экономики |

Источник: составлено авторами.

В круг задач проведенного исследования входил анализ современного состояния ресурсного, трансформационного и структурно-диверсификационного уровней сельской экономики [1, 4] по экономическим показателям деятельности сельскохозяйственных организаций РФ с 2015 по 2024 г. (табл. 2 и 3).

В результате установлено, что с 2015 по 2024 г. в сельскохозяйственных организациях происходило одновременное сокращение живого труда и устойчивое накопление капитала, уменьшились численность занятых с 4 867 до 3 765 тыс. чел. и фактически отработанное время с 19 961 до 16 698 млн чел.-ч, в то же время выросли инвестиции с 483,6 до 1135,4 млрд руб. и стоимость основных фондов с 2295,5 до 5575,0 млрд руб. (табл. 2). Следовательно, ресурсная база аграрного сектора не уменьшается в целом, а качественно перестраивается: система становится менее трудозависимой и более капиталоемкой.

Как следует из приведенных данных, модернизация имеет выраженный вещественный характер. В структуре основных фондов доля машин и оборудования увеличилась с 31,5% в 2015 г. до 39,8% в 2024 г., тогда как доля зданий и сооружений сократилась, что свидетельствует о смещении акцента в сторону активной части основных средств. Однако уже на этом этапе возникает вопрос, превращается ли данный сдвиг в сопоставимый рост отдачи ресурсов или накопление капитала начинает опережать его экономическую реализацию.

Одновременно накопление потенциала сопровождается глубокой внутренней перестройкой продуктовой структуры сельского хозяйства [8]. При относительно стабильной общей посевной площади существенно возросли посевы технических культур (за анализируемый период на 4,6 млн га), прежде всего за счет масличных культур (на 4,4 млн га), а производство семян и плодов масличных культур (в весе после доработки) увеличилось почти в 2,0 раза (табл. 3). Это означает, что потенциал реализуется не только через наращивание объемов производства, но и на основе углубления специализации, то есть через внутренние предпосылки диверсификации аграрного ядра. Также сохраняется неоднородность отрасли животноводства. Наблюдаются рост численности поголовья свиней и снижение численности поголовья КРС, что указывает на разную экономическую эффективность и инвестиционную привлекательность отдельных подотраслей животноводства. Следовательно, ресурсная перестройка идет неравномерно, а точки потенциальной диверсификации следует искать там, где производственные и рыночные стимулы обеспечивают наибольшую отдачу на единицу ресурса [2, 11].

Таблица 2. Экономические показатели деятельности сельскохозяйственных организаций РФ, 2015–2024 гг.

| Показатели                                                                                                                                                                              | Годы   |        |        |        |        |        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                                                                                                                                                                                         | 2015   | 2020   | 2021   | 2022   | 2023   | 2024   |
| Среднегодовая численность занятых в сельскохозяйственных организациях                                                                                                                   |        |        |        |        |        |        |
| тыс. чел.                                                                                                                                                                               | 4 867  | 4 027  | 3 973  | 3 965  | 3 889  | 3 765  |
| в процентах к предыдущему году                                                                                                                                                          | 97,4   | 95,3   | 98,7   | 99,8   | 98,1   | 96,8   |
| Удельный вес занятых по виду экономической деятельности «Растениеводство и животноводство, охота и предоставление соответствующих услуг в этих областях» в общей численности занятых, % | 6,7    | 5,7    | 5,6    | 5,5    | 5,3    | 5,1    |
| Количество рабочих мест                                                                                                                                                                 |        |        |        |        |        |        |
| тыс. ед.                                                                                                                                                                                | 21 906 | 22 843 | 22 156 | 21 362 | 20 758 | 18 630 |
| в процентах к предыдущему году                                                                                                                                                          | 99,6   | 105,9  | 97,0   | 96,4   | 97,2   | 89,8   |
| Количество фактически отработанного времени сельскохозяйственных организаций                                                                                                            |        |        |        |        |        |        |
| млн чел.-ч                                                                                                                                                                              | 19 961 | 18 804 | 18 481 | 18 256 | 17 837 | 16 698 |
| в процентах к предыдущему году                                                                                                                                                          | 99,2   | 100,7  | 98,3   | 98,8   | 97,7   | 93,6   |
| Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников, занятых в сельскохозяйственных организациях                                                                         |        |        |        |        |        |        |
| руб.                                                                                                                                                                                    | 21 268 | 31 058 | 35 460 | 41 994 | 48 840 | 59 834 |
| в процентах к предыдущему году                                                                                                                                                          | 110,6  | 109,4  | 114,2  | 118,4  | 116,3  | 122,5  |
| отношение к среднероссийскому уровню, %                                                                                                                                                 | 57,9   | 60,5   | 61,9   | 64,3   | 65,2   | 67,2   |
| Инвестиции в основной капитал, направленные на развитие сельскохозяйственных организаций                                                                                                |        |        |        |        |        |        |
| млрд руб.                                                                                                                                                                               | 483,6  | 747,5  | 826,5  | 973,0  | 1083,5 | 1135,4 |
| в процентах от общего объема инвестиций                                                                                                                                                 | 3,5    | 3,7    | 3,6    | 3,4    | 3,2    | 2,8    |
| Наличие основных фондов сельскохозяйственных организаций, млрд руб.                                                                                                                     | 2295,5 | 3791,8 | 4202,6 | 4675,9 | 5104,9 | 5575,0 |
| Удельный вес основных фондов сельскохозяйственных организаций в общей стоимости основных фондов, %                                                                                      | 2,0    | 2,1    | 2,1    | 2,2    | 2,2    | 2,2    |
| Видовая структура основных фондов сельскохозяйственных организаций на конец года, по полной учетной стоимости                                                                           |        |        |        |        |        |        |
| в процентах к итогу                                                                                                                                                                     | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    |
| в том числе:                                                                                                                                                                            |        |        |        |        |        |        |
| здания и сооружения                                                                                                                                                                     | 48,6   | 48,2   | 47,7   | 47,8   | 47,3   | 46,5   |
| машины и оборудование                                                                                                                                                                   | 31,5   | 38,3   | 38,6   | 38,7   | 39,3   | 39,8   |
| транспортные средства                                                                                                                                                                   | 5,5    | 5,5    | 5,7    | 5,7    | 5,9    | 6,4    |
| рабочий и продуктивный скот                                                                                                                                                             | 6,8    | 6,3    | 6,1    | 5,9    | 5,6    | 5,4    |
| прочие виды основных фондов                                                                                                                                                             | 7,6    | 1,7    | 1,9    | 1,9    | 1,9    | 1,9    |
| Коэффициент обновления по полной учетной стоимости, в смешанных ценах (ввод в действие основных фондов в процентах от наличия основных фондов на конец года без учета переоценки):      |        |        |        |        |        |        |
| сельскохозяйственных организаций                                                                                                                                                        | 13,9   | 12,6   | 13,2   | 13,0   | 11,3   | 11,0   |
| по экономике в целом                                                                                                                                                                    | 8,6    | 7,9    | 8,3    | 7,7    | 8,8    | 9,9    |

Источник: составлено авторами на основании данных [12].

Таблица 3. Основные показатели объема производства сельскохозяйственных организаций РФ, 2015–2024 гг.

| Показатели                                                | Годы |      |      |       |      |      |
|-----------------------------------------------------------|------|------|------|-------|------|------|
|                                                           | 2015 | 2020 | 2021 | 2022  | 2023 | 2024 |
| <b>Посевная площадь, млн га</b>                           | 55,1 | 52,7 | 52,7 | 53,7  | 53,1 | 52,4 |
| в том числе:                                              |      |      |      |       |      |      |
| зерновые и зернобобовые культуры                          | 32,1 | 30,8 | 30,1 | 30,3  | 30,5 | 29,5 |
| технические культуры                                      | 9,0  | 10,5 | 12,0 | 13,3  | 12,7 | 13,6 |
| из них:                                                   |      |      |      |       |      |      |
| сахарная свекла                                           | 0,9  | 0,9  | 0,9  | 0,9   | 1,0  | 1,0  |
| масличные культуры                                        | 8,0  | 9,6  | 11,0 | 12,3  | 11,7 | 12,4 |
| из них:                                                   |      |      |      |       |      |      |
| подсолнечник                                              | 4,6  | 5,3  | 6,0  | 6,1   | 6,0  | 5,9  |
| соя                                                       | 1,5  | 2,1  | 2,3  | 2,6   | 2,8  | 3,2  |
| рапс                                                      | 0,9  | 1,2  | 1,3  | 1,8   | 1,6  | 2,0  |
| лен-долгунец, тыс. га                                     | 40   | 40   | 27   | 23    | 23   | 27   |
| картофель и овощебахчевые культуры                        | 0,3  | 0,3  | 0,3  | 0,3   | 0,3  | 0,3  |
| кормовые культуры                                         | 13,7 | 11,1 | 10,4 | 9,8   | 9,6  | 9,2  |
| <b>Поголовье скота и птицы (на конец года), млн гол.</b>  |      |      |      |       |      |      |
| крупный рогатый скот                                      | 8,4  | 8,1  | 8,0  | 8,0   | 7,8  | 7,5  |
| в том числе коровы                                        | 3,4  | 3,3  | 3,2  | 3,2   | 3,1  | 3,0  |
| свины                                                     | 17,6 | 23,3 | 24,0 | 25,7  | 26,5 | 26,2 |
| овцы и козы                                               | 4,3  | 3,2  | 3,1  | 3,2   | 3,1  | 2,8  |
| птица                                                     | 445  | 432  | 455  | 470   | 466  | 479  |
| <b>Производство продукции сельского хозяйства, млн т</b>  |      |      |      |       |      |      |
| зерна (в весе после доработки)                            | 76,2 | 93,2 | 83,3 | 108,3 | 98,8 | 86,4 |
| сахарной свеклы                                           | 34,7 | 31,3 | 37,5 | 44,6  | 47,8 | 39,9 |
| семян и плодов масличных культур (в весе после доработки) | 10,1 | 14,8 | 17,0 | 19,5  | 20,2 | 20,1 |
| из них:                                                   |      |      |      |       |      |      |
| подсолнечника                                             | 6,5  | 8,6  | 10,0 | 10,0  | 10,6 | 10,3 |
| сои                                                       | 2,0  | 3,4  | 3,7  | 4,6   | 5,3  | 5,3  |
| рапса                                                     | 0,9  | 2,1  | 2,2  | 3,4   | 3,2  | 3,5  |
| льноволокна, тыс. т                                       | 35   | 28   | 17   | 15    | 12   | 17   |
| картофеля                                                 | 4,7  | 4,1  | 4,1  | 4,3   | 5,2  | 4,4  |
| овощей                                                    | 2,9  | 3,9  | 3,8  | 4,2   | 4,2  | 4,3  |
| в том числе закрытого грунта                              | 0,7  | 1,4  | 1,5  | 1,6   | 1,6  | 1,6  |
| скота и птицы на убой (в убойном весе)                    | 7,1  | 9,1  | 9,2  | 9,7   | 10,0 | 10,4 |
| в том числе:                                              |      |      |      |       |      |      |
| крупного рогатого скота                                   | 0,5  | 0,6  | 0,6  | 0,6   | 0,7  | 0,7  |
| свиней                                                    | 2,4  | 3,8  | 3,8  | 4,1   | 4,4  | 4,5  |
| овец и коз                                                | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 0,0  | 0,0  |
| птицы                                                     | 4,1  | 4,6  | 4,7  | 4,9   | 5,0  | 5,1  |
| молока                                                    | 14,7 | 17,9 | 18,2 | 19,0  | 20,1 | 20,7 |
| яиц, млрд шт.                                             | 33,4 | 36,3 | 36,5 | 37,7  | 38,5 | 38,6 |
| шерсти (в физическом весе), тыс. т                        | 9,5  | 9,1  | 7,3  | 7,4   | 6,7  | 6,3  |
| меда, тыс. т                                              | 1,8  | 1,2  | 0,7  | 0,7   | 0,7  | 0,6  |

Источник: составлено авторами на основании данных [12].

Оценка трансформационного уровня показывает, что результативность аграрного потенциала проявляется неравномерно. Так, по зерну и маслу растительному сформирован устойчивый профицит, по мясу достигнут уровень полного самообеспечения, однако по молоку, овощам, фруктам и ягодам сохраняется неполная обеспеченность внутреннего рынка (табл. 4). Отсюда, даже при общем росте выпуска, система реализует свои возможности по разным продуктовым направлениям с разной полнотой [6, 7]. Этот вывод имеет принципиальное значение для диверсификации, так как она должна быть ориентирована не только на расширение хозяйственных функций вообще, но и на те продуктовые сегменты, где существует разрыв между внутренним спросом и уровнем обеспеченности, а значит, имеется резерв для более полного использования ресурсов.

**Таблица 4. Уровень самообеспечения основными продуктами питания населения РФ, 2015–2024 гг., %**

| Наименование                                  | Годы  |       |       |       |       |       |
|-----------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                               | 2015  | 2020  | 2021  | 2022  | 2023  | 2024  |
| Зерно                                         | 149,1 | 165,6 | 148,3 | 191,4 | 173,5 | 152,4 |
| Мясо                                          | 88,7  | 100,1 | 99,7  | 101,8 | 101,7 | 101,9 |
| Молоко                                        | 79,9  | 84,0  | 84,3  | 85,7  | 86,0  | 84,7  |
| Яйца                                          | 96,7  | 97,4  | 98,2  | 98,0  | 98,6  | 97,1  |
| Картофель                                     | 102,1 | 89,2  | 88,7  | 94,5  | 101,0 | 92,0  |
| Овощи и продовольственные бахчевые культуры   | 86,8  | 86,3  | 86,5  | 88,5  | 89,1  | 88,6  |
| Фрукты и ягоды                                | 32,5  | 42,4  | 44,4  | 47,3  | 44,6  | 43,1  |
| Сахар                                         | 100,6 | 99,9  | 100,5 | 101,6 | 114,2 | 107,1 |
| Соль поваренная                               | 68,5  | 65,7  | 68,5  | 64,2  | 64,8  | 62,1  |
| Масло растительное <sup>1</sup>               | 125,5 | 200   | 182   | 192,6 | 245,4 | 260,2 |
| Рыба и рыбопродукты в живом весе (весе сырца) | 133,6 | 138,1 | 135,5 | 145,8 | 130,5 | 125,4 |

Источник: составлено авторами на основании данных [12].

Производство продукция сельского хозяйства всех категорий хозяйств России за 2015–2024 гг. увеличилась почти в два раза (табл. 5). Однако темп роста производства продукции сельского хозяйства в разрезе категорий хозяйств неодинаков: в сельскохозяйственных организациях он составил 2,2 раза, К(Ф)Х – 2,4 раза, а в хозяйствах населения – 143,5%. Как видим, разные организационные формы хозяйствования участвуют в реализации потенциала по-разному и выполняют различные функции в структуре сельской экономики.

**Таблица 5. Продукция сельского хозяйства по категориям хозяйств РФ, 2015–2024 гг., млрд руб.**

| Категории хозяйств               | Годы   |        |        |        |        |        |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                                  | 2015   | 2020   | 2021   | 2022   | 2023   | 2024   |
| Все категории хозяйств           | 4794,6 | 6468,8 | 7672,9 | 8559,3 | 8493,6 | 9361,1 |
| Сельскохозяйственные организации | 2588,6 | 3787,0 | 4566,8 | 5145,2 | 5085,6 | 5659,1 |
| Хозяйства населения              | 1654,9 | 1717,6 | 1922,0 | 2063,7 | 2150,8 | 2374,2 |
| К(Ф)Х                            | 551,1  | 964,2  | 1184,1 | 1350,4 | 1257,2 | 1327,8 |

Источник: составлено авторами на основании данных [12].

Сельскохозяйственные организации обеспечивают масштаб, капиталоемкость и трансформационный уровень производства. К(Ф)Х демонстрируют более высокую гибкость и способность входить в растущие рыночные ниши. Хозяйства населения сохраняют социальную и локальную устойчивость, но в меньшей степени выступают драйвером наращивания объемов производства. Тем самым уже сама структура сельского хозяйства образует одну из важнейших внутренних форм диверсификации [8].

Проведенный анализ структурно-диверсификационного уровня сельской экономики показывает, что малые и микропредприятия играют особенно заметную роль в тех сегментах, где большее значение отводится гибкости, локальной специализации и нишевой адаптации. Их высокая доля в производстве семян и плодов масличных культур в общем объеме производства в сельскохозяйственных организациях (42,5% в 2024 г.), льноволокна (53,7%), картофеля (38,8%), овощей (32,3%) и шерсти (65,3%) свидетельствует о том, что именно эти сегменты обладают повышенной чувствительностью к структурной диверсификации (табл. 6).

**Таблица 6. Удельный вес малых предприятий в общем объеме производства в сельскохозяйственных организациях РФ, %**

| Продукция сельского хозяйства                             | Малые предприятия |         |         |         |                              |         |         |         |
|-----------------------------------------------------------|-------------------|---------|---------|---------|------------------------------|---------|---------|---------|
|                                                           | 2021 г.           | 2022 г. | 2023 г. | 2024 г. | в том числе микропредприятия |         |         |         |
|                                                           |                   |         |         |         | 2021 г.                      | 2022 г. | 2023 г. | 2024 г. |
| Объем производства продукции                              |                   |         |         |         |                              |         |         |         |
| зерна (в весе после доработки)                            | 39,6              | 40,9    | 41,0    | 39,1    | 11,2                         | 11,1    | 10,7    | 10,0    |
| сахарной свеклы                                           | 9,8               | 10,4    | 10,9    | 13,6    | 1,3                          | 1,4     | 1,7     | 1,6     |
| семян и плодов масличных культур (в весе после доработки) | 43,3              | 45,6    | 42,9    | 42,5    | 12,7                         | 12,9    | 11,6    | 11,5    |
| из них:                                                   |                   |         |         |         |                              |         |         |         |
| подсолнечника                                             | 47,9              | 52,3    | 49,1    | 48,3    | 13,2                         | 13,8    | 12,5    | 11,8    |
| сои                                                       | 29,5              | 30,2    | 29,1    | 29,5    | 10,1                         | 8,6     | 8,7     | 9,5     |
| рапса                                                     | 39,6              | 41,9    | 40,6    | 41,1    | 12,3                         | 12,7    | 11,2    | 11,7    |
| льноволокна                                               | 72,5              | 69,2    | 79,7    | 53,7    | 34,8                         | 37,3    | 39,4    | 30,0    |
| картофеля                                                 | 41,0              | 42,0    | 39,0    | 38,8    | 14,8                         | 16,0    | 15,1    | 14,8    |
| овощей                                                    | 30,8              | 31,0    | 34,1    | 32,3    | 14,2                         | 15,3    | 19,2    | 18,5    |
| скота и птицы на убой (в убойном весе)                    | 5,4               | 4,2     | 4,4     | 4,0     | 1,9                          | 1,6     | 1,6     | 1,4     |
| молока                                                    | 26,8              | 26,7    | 26,2    | 25,4    | 5,2                          | 5,0     | 3,4     | 3,3     |
| яиц                                                       | 10,2              | 9,1     | 9,2     | 9,7     | 2,7                          | 1,5     | 1,6     | 1,7     |
| шерсти (в физическом весе)                                | 57,3              | 54,8    | 67,1    | 65,3    | 41,7                         | 40,4    | 52,2    | 52,3    |

Источник: составлено авторами на основании данных [12].

Следовательно, расширение сельской экономики происходит не только между сельским хозяйством и внешними видами деятельности, но и внутри аграрного сектора за счет структурной и продуктовой дифференциации [9]. Этот вывод важен и с управленческой точки зрения. Поддержка только крупных индустриальных уровней не обеспечивает полной реализации ресурсно-рыночного потенциала, поскольку часть рыночных ниш, особенно в сегментах с более высокой гибкостью спроса и предложения, осваивается именно малыми формами. Следовательно, диверсификационная политика должна опираться на сочетание масштабных и нишевых моделей производства.

В процессе анализа реализации ресурсно-экономического потенциала установлено, что производительность по выпуску продукции на одного занятого выросла более чем в 2,8 раза, что указывает на интенсификацию труда и технологическую модернизацию (табл. 7). Одновременно фондоотдача снизилась на 11,0%, а производство продукции на 1 рубль инвестиций – на 6,9%, что означает: капитал и инвестиции растут быстрее, чем экономическая отдача от их использования.



Таблица 7. Реализация ресурсно-экономического потенциала сельскохозяйственных организаций РФ

| Показатели                                              | 2015 г. | 2024 г. | % изменения | Интерпретация                                                   |
|---------------------------------------------------------|---------|---------|-------------|-----------------------------------------------------------------|
| Производство продукции в сельхозорганизациях, млрд руб. | 2588,6  | 5659,1  | 218,6       | Результат увеличился в 2,2 раза                                 |
| Численность занятых, тыс. чел.                          | 4 867   | 3 765   | 77,4        | Трудовой ресурс сократился на 22,6%                             |
| Производство продукции на 1 тыс. занятых, млн руб.      | 0,532   | 1,503   | 282,5       | Выросла производительность по производству более чем в 2,8 раза |
| Основные фонды, млрд руб.                               | 2295,5  | 5575,0  | 242,9       | Темпы увеличения капитала выше, чем темпы производства          |
| Фондоотдача, руб.                                       | 1,128   | 1,015   | 89,0        | Фондоотдача сократилась на 11,0%                                |
| Инвестиции, млрд руб.                                   | 483,6   | 1135,4  | 234,8       | Сохраняется инвестиционная активность                           |
| Производство продукции на 1 руб. инвестиций, руб.       | 5,35    | 4,98    | 93,1        | Ослабевает инвестиционная отдача                                |
| Доля К(Ф)Х в общем объеме производства, %               | 11,5    | 14,2    | 123,5       | Усиливается предпринимательский потенциал сельского населения   |

Источник: составлено авторами на основании данных [12].

Выявленное противоречие показывает эффект асимметричной реализации ресурсно-экономического потенциала. Его суть состоит в том, что разные компоненты потенциала реализуются с разной полнотой: ресурсный уровень интенсифицируется, трансформационный – накапливается, но не всегда дает пропорциональный результат, а структурно-диверсификационный уровень демонстрирует усиление малых и фермерских форм без полного преобразования этой динамики в целостную модель расширенной сельской экономики.

В таблице 8 представлена матрица диверсификационной интерпретации ресурсных сдвигов, которая характеризует диверсификацию не как абстрактное направление, а как реакцию на конкретные дисбалансы между ресурсной базой, структурой производства и конечной отдачей.

Таблица 8. Матрица диверсификационной интерпретации ресурсных сдвигов

| Выявленные сдвиги                                          | Эмпирическое проявление                                    | Последствия                      | Потенциальный диверсификационный ответ                                                  |
|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Сокращение занятости                                       | 4 867 → 3 765 тыс. чел.                                    | Дефицит живого труда             | Рост сервисных, кооперационных и цифровых моделей с высокой выручкой на одного занятого |
| Рост фондов                                                | 2295,5 → 5575,0 млрд руб.                                  | Риск недоиспользования мощностей | Хранение, переработка, доработка, логистика                                             |
| Сдвиг в пользу масличных культур в отрасли растениеводства | 8,0 → 12,4 млн га                                          | Сырьевая ориентация              | Глубокая переработка, кормовые и биопродуктовые цепочки                                 |
| Усиление малых форм хозяйствования                         | Рост роли К(Ф)Х и высокие доли малых в отдельных сегментах | Фрагментация рынка               | Кооперация, брендинг, локальные цепочки стоимости                                       |
| Неполная обеспеченность по молоку, овощам, фруктам         | Соответственно 84,7%, 88,6% и 43,1% в 2024 г.              | Нереализованный внутренний спрос | Тепличные, садоводческие, молокоперерабатывающие проекты                                |

Источник: разработано авторами.

Адаптация методического подхода к оценке ресурсно-экономического потенциала сельскохозяйственного производства в малых формах хозяйствования проведена на примере ООО «Эдалин АГРО», представляющего собой реальный объект малого многофункционального хозяйства, которое на ограниченной территории выполняет производственные, перерабатывающие и сервисные функции сельской экономики. ООО «Эдалин АГРО» локализовано в д. Якишино Московской области и включает:

- акваферму для выращивания форели;
- птицеводческое направление (выращивание сельскохозяйственной птицы на мясо);
- растениеводческое направление (выращивание спаржи, овощей открытого грунта);
- собственную переработку продукции.

Кроме того, предусмотрена деятельность по предоставлению экскурсионных туристических услуг (табл. 9).

**Таблица 9. Ресурсно-экономический потенциал ООО «Эдалин АГРО» как объекта диверсификации**

| Ресурсы          | Потенциал                                                                                                                                                                       | Аналитический смысл                                                                            |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Земельный        | Компактная территория (не более 1 га)                                                                                                                                           | Ограниченность площади требует интенсивного и многофункционального использования ресурсов      |
| Трудовой         | Малый штат (10 сотрудников)                                                                                                                                                     | Дефицит рабочей силы компенсируется совмещением функций и гибкостью организации труда          |
| Производственный | Акваферма (выращивание форели);<br>птицеводческое направление (выращивание с.-х. птицы на мясо);<br>растениеводческое направление (выращивание спаржи, овощей открытого грунта) | Формируется многопрофильная аграрная база с разными циклами производства и каналами сбыта      |
| Перерабатывающий | Собственное производство и переработка экопродукции                                                                                                                             | Переработка повышает добавленную стоимость и снижает зависимость от сырьевой модели реализации |
| Сервисный        | Деятельность по предоставлению экскурсионных туристических услуг                                                                                                                | Производственная база превращается в источник дополнительного дохода от услуг и посещений      |

Источник: составлено авторами на основании данных [10].

Данный пример особенно показателен, поскольку демонстрирует реализацию ресурсно-экономического потенциала малых предприятий не через расширение земельного массива, а через функциональное насыщение ограниченной ресурсной базы. В основе проекта диверсификации производства лежит сочетание нескольких взаимодополняющих видов хозяйственной деятельности. В отличие от узкоспециализированной модели, где ресурсная база обслуживает один производственный результат, в рассматриваемом случае один и тот же территориально-организационный комплекс используется одновременно для выращивания продукции, ее переработки, приема посетителей и оказания услуг [3, 6, 7].

Именно это положение позволяет подтвердить выдвигаемую авторами гипотезу: если ресурсно-экономический потенциал сельскохозяйственного объекта рассматривается как интеграция природно-климатических, земельных, трудовых, производственно-технических, инвестиционных и организационно-структурных ресурсов, то его более полная реализация закономерно ведет к диверсификации функций предприятия и формированию дополнительных источников дохода. ООО «Эдалин АГРО» подтверждает данную гипотезу на прикладном уровне, поскольку производственный вид деятельности хозяйства представлен как многофункциональный: выпуск сельхозпродукции дополняется переработкой, экскурсионной активностью и агротуристическим сервисом. Таким образом, мы наблюдаем многоотраслевую ферму малого формата, где форелевое хозяйство, птицеводство и выращивание спаржи образуют базовый аграрный контур, а переработка, экскурсии и сельский туризм выполняют функцию расширения добавленной стоимости и коммерциализации территории [13, 14]. Тем самым диверсификация выступает не внешним приложением к сельскому хозяйству, а внутренним механизмом реализации его ресурсно-экономического потенциала.

При этом диверсификационная модель инвестиционного проекта обладает не только организационной, но и инвестиционной результативностью. Так, в перспективе прогнозируются рост выручки от реализации с 2 492 тыс. руб. в 2026 г. до 3 738 тыс. руб. в 2028 г., увеличение валового дохода и положительная динамика чистого денежного потока, свидетельствующие о расширении видов деятельности и формировании кумулятивного экономического эффекта (табл. 10). Совокупные вложения в размере 4 928 тыс. руб., срок окупаемости 2,5 года, NPV 5 607 тыс. руб. и IRR 83% позволяют сделать вывод о том, что диверсификация в рассматриваемом случае выступает экономически оправданным направлением развития малого хозяйства. Инвестиционный проект подтверждает гипотезу о том, что более полная реализация ресурсно-экономического потенциала через сочетание производства, переработки и сервисных функций повышает не только структурную устойчивость хозяйства, но и его инвестиционную привлекательность.

**Таблица 10. Инвестиционные показатели диверсификационной деятельности ООО «Эдалин АГРО», 2026–2028 гг.**

| Показатели                                    | Годы  |       |       |
|-----------------------------------------------|-------|-------|-------|
|                                               | 2026  | 2027  | 2028  |
| Выручка от реализации, тыс. руб.              | 2 492 | 2 990 | 3 738 |
| Материальные затраты, тыс. руб.               | 1 833 | 2 199 | 2 749 |
| Валовой доход, тыс. руб.                      | 659   | 790   | 988   |
| Совокупные расходы, тыс. руб.                 | 2 241 | 2 257 | 2 282 |
| Чистый денежный поток, тыс. руб.              | 733   | 1 456 | 2 179 |
| Совокупные инвестиционные вложения, тыс. руб. | 4 928 | 4 928 | 4 928 |
| Срок окупаемости, лет                         | 2,5   | 2,5   | 2,5   |
| NPV, тыс. руб.                                | 5 607 |       |       |
| IRR, %                                        | 83    |       |       |

Источник: составлено авторами на основании данных [10].

Проведенный анализ ресурсно-экономического потенциала показывает, что современное сельское хозяйство уже вышло из фазы, в которой главным ограничением было простое отсутствие ресурсов. В настоящее время более существенным ограничением становится неполная конверсия накопленных ресурсов в эквивалентный экономи-

ческий и структурный результат. То есть проблема смещается из зоны ресурсного дефицита в зону качества реализации потенциала. Это означает, что диверсификация сельской экономики должна рассматриваться не как побочный вектор развития, а как закономерный этап развития капиталоемкой аграрной экономики. Чем больше разрыв между накоплением фондов и их фактической отдачей, тем выше значение переработки, хранения, кооперации, сервисов, нишевой специализации и иных форм расширения цепочек создания добавленной стоимости.

### **Заключение**

Ресурсно-экономический потенциал сельскохозяйственного производства представляет собой не набор разрозненных ресурсов, а интегрированную способность аграрной сферы превращать природно-климатические, земельные, трудовые, производственно-технические, инвестиционные и организационно-структурные компоненты в выпуск, продовольственную устойчивость и расширение функций сельской экономики.

В процессе исследования установлено, что сельское хозяйство характеризуется асимметричной реализацией ресурсно-экономического потенциала. Рост фондов, инвестиций и объемов производства продукции сопровождается сокращением занятости, снижением фондоотдачи и неравномерной структурной реализацией возможностей различных укладов. Следовательно, диверсификация сельской экономики выступает не внешним дополнением к аграрному производству, а внутренне обусловленным способом повышения полноты использования уже накопленной ресурсной базы.

Практическое значение результатов проведенного исследования заключается в том, что для сельскохозяйственных организаций стратегический резерв развития смещается от простого наращивания объема сырьевого производства к расширению хозяйственных функций – переработке, хранению, кооперации, сервису и работе в нишевых сегментах. Именно такой подход призван обеспечить более полную реализацию ресурсно-экономического потенциала и создает основу для устойчивой диверсификации сельской экономики.

### **Список источников**

1. Абрамов Р.А. Теоретические подходы к диверсификации экономических систем // Экономический анализ: теория и практика. 2009. № 28(157). С. 37–42.
2. Агibalов А.В., Запорожцева Л.А., Ткачева Ю.В. Сценарный подход к разработке стратегии развития сельских территорий // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т. 12, № 3(62). С. 94–102. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2019.3.94.
3. Агibalов А.В., Новикова И.И., Закупнев С.Л. Методические подходы к оценке уровня диверсификации экономики сельских территорий // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2018. № 1(56). С. 188–196. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2018.1.188.
4. Антонова Н.И., Маркина Е.Д., Бахматова Г.А. Цели и виды диверсификации сельской экономики // Научное обозрение. Теория и практика. 2016. № 6. С. 43–51.
5. Евграфова Л.В. Оценка мультипликативного эффекта диверсификации сельской экономики // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2024. Т. 17, № 2(81). С. 221–229. DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2024\_1\_221.
6. Закшевский В.Г., Меренкова И.Н., Новикова И.И. и др. Методический инструментальный диагностики диверсификации сельской экономики // Экономика региона. 2019. Т. 15, № 2. С. 520–533. DOI: 10.17059/2019-2-16.
7. Закшевский В.Г., Меренкова И.Н., Перцев В.Н. Теоретико-методологический подход к исследованию жизнеобеспечения сельского населения региона // Регион. Системы, экономика, управление. 2017. № 1. С. 70–76.
8. Меренкова И.Н. Предпосылки перехода сельских территорий к диверсифицированной экономике // Научное обозрение. Теория и практика. 2016. № 2. С. 140–149.
9. Минеева Л.Н. Развитие альтернативных (несельскохозяйственных) видов деятельности на селе // Вестник Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова. 2014. № 7. С. 73–77.

10. ООО «Эдалин АГРО». О нас (фермерские продукты с доставкой) [Электронный ресурс] // Официальный сайт. URL: <https://checko.ru/company/ehdalin-agro-1235000015238> (дата обращения: 05.04.2026).
11. Руденко Л.И. Направления диверсификации сельской экономики региона. Оценки экспертов // Никоновские чтения. 2016. № 21. С. 141–142.
12. Сельское хозяйство в России. 2025: статистический сборник. Москва: Росстат, 2025. 81 с.
13. Фролова О.А. Развитие несельскохозяйственной деятельности в агропромышленном комплексе // Вестник НГИЭИ. 2018. № 2(81). С. 111–122.
14. Холодова М.А., Подгорская С.В., Криничная Е.П. и др. Реализация программно-целевого подхода в решении ключевых проблем развития сельского хозяйства: монография. п. Рассвет: ООО «Азов-Принт», 2020. 120 с. DOI: 10.34924/FRARC.2020.18.13.001.

## References

1. Abramov R.A. Theoretical approaches to the diversification of economic systems. *Economic Analysis: Theory and Practice*. 2009;28(157):37-42. (In Russ.).
2. Agibalov A.V., Zaporozhtseva L.A., Tkacheva Yu.V. Scenario approach to setting strategy for rural sustainable development. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2019;12(3):94-102. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2019.3.94. (In Russ.).
3. Agibalov A.V., Novikova I.I., Zakupnev S.L. Methodological approaches to assessing the level of diversification of economy in rural territories. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2018;1(56):188-196. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2018.1.188. (In Russ.).
4. Antonova N.I., Markina E.D., Bakhmatova G.A. Goals and types of rural economy diversification. *Science Review. Theory and Practice*. 2016;6:43-51. (In Russ.).
5. Evgrafova L.V. Assessment of the multiplicative effect of rural economic diversification. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2024;17(2):221-229. DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2024\_1\_221. (In Russ.).
6. Zakshevsky V.G., Merenkova I.N., Novikova I.I. et al. Methodological toolkit for diagnosing diversification of rural economy. *Economy of Regions*. 2019;15(2):520-533. DOI: 10.17059/2019-2-16. (In Russ.).
7. Zakshevsky V.G., Merenkova I.N., Pertsev V.N. Theoretical and methodological approach to the study of the livelihood of the rural population of the region. *Region. Systemi, ekonomika, upravlenie*. 2017;1:70-76. (In Russ.).
8. Merenkova I.N. Prerequisites for the transition of rural territories to diversified economy. *Science Review. Theory and Practice*. 2016;2:140-149. (In Russ.).
9. Mineeva L.N. Development of alternative (non-agricultural) activities in rural areas. *Bulletin of Saratov State Agrarian University in Honor of N.I. Vavilov*. 2014;7:73-77. (In Russ.).
10. Edalin AGRO. Concerning the Company (delivery included farm products). Official Website. URL: <https://checko.ru/company/ehdalin-agro-1235000015238>. (In Russ.).
11. Rudenko L.I. Directions of diversification of the rural economy of the region. Expert assessments. *Nikonov's Readings*. 2016;21:141-142. (In Russ.).
12. Agriculture in Russia. 2025: Statistical Yearbook. Moscow: Rosstat Publishers; 2025. 81 p.
13. Frolova O.A. The development of non-agricultural activities in the agricultural sector. *Vestnik NGIEI*. 2018;2(81):111-122. (In Russ.).
14. Kholodova M.A., Podgorskaya S.V., Krinichnaya E.P. et al. Implementation of a program-oriented approach in solving key problems of agricultural development. Pos. Rassvet: AzovPrint Publishers; 2020. 120 p. DOI: 10.34924/FRARC.2020.18.13.001. (In Russ.).

## Информация об авторах

Л.В. Евграфова – кандидат экономических наук, доцент, доцент, зав. кафедрой связей с общественностью, речевой коммуникации и туризма ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», [lyudmilaevgrafova@yandex.ru](mailto:lyudmilaevgrafova@yandex.ru).

М.В. Муравьева – доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры связей с общественностью, речевой коммуникации и туризма ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», [zesain@yandex.ru](mailto:zesain@yandex.ru)

## Information about the authors

L.V. Evgrafova, Candidate of Economic Sciences, Docent, Head of the Dept. of Public Relations, Speech Communication and Tourism, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, [lyudmilaevgrafova@yandex.ru](mailto:lyudmilaevgrafova@yandex.ru).

M.V. Muravyeva, Doctor of Economic Sciences, Docent, Professor, the Dept. of Public Relations, Speech Communication, and Tourism, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, [zesain@yandex.ru](mailto:zesain@yandex.ru).

Статья поступила в редакцию 03.06.2026; одобрена после рецензирования 27.06.2026; принята к публикации 28.06.2026.

The article was submitted 03.06.2026; approved after reviewing 27.06.2026; accepted for publication 28.06.2026.

© Евграфова Л.В., Муравьева М.В., 2026

### 5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА (ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 657.372.5

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2026\_2\_174

EDN: WSPNHX

#### **Анализ практики отражения в отчетности биологических активов в соответствии с российскими и международно признанными стандартами**

**Виктория Борисовна Малицкая<sup>1✉</sup>, Ирина Евгеньевна Коноваленко<sup>2</sup>,  
Наталья Алексеевна Лытнева<sup>3</sup>, Наталья Викторовна Леонова<sup>4</sup>**

<sup>1, 2</sup> Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Москва, Россия

<sup>3</sup> Среднерусский институт управления – филиал ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации», Орел, Россия

<sup>4</sup> Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия

<sup>1</sup> vmrussian@yandex.ru✉

**Аннотация.** Представлен сравнительный анализ отражения в бухгалтерской (финансовой) отчетности биологических активов в соответствии с международно признанными стандартами (МСФО (IAS) 41 «Сельское хозяйство», Раздел 905 «Сельское хозяйство» Кодификации стандартов бухгалтерского учета ГААП США) и российской практикой (ФСБУ 6/2020, Методические рекомендации Минсельхоза России, Федеральный стандарт государственного сектора «Биологические активы»). Рассмотрены подходы к классификации и оценке биологических активов, особое внимание уделено практическим примерам отражения биологических активов в отчетности организаций аграрного сектора. Проведенный анализ показал, что подходы к учету биологических активов в международной и национальной практике имеют как общие черты, так и принципиальные различия. МСФО (IAS) 41 выделяет биологические активы в самостоятельную категорию и ориентируется на их оценку по справедливой стоимости за вычетом затрат на продажу, что обеспечивает высокую чувствительность отчетности к рыночным изменениям и биологической трансформации. ГААП США сохраняет традиционный акцент на исторической стоимости, классифицируя сельскохозяйственные активы как запасы или основные средства и исключая возможность регулярной переоценки. Российская практика опирается на нормы ФСБУ 6/2020 и методические рекомендации Минсельхоза России, что приводит к признанию продуктивного скота и плодовых культур в составе основных средств. При этом в бюджетном учете термин «биологические активы» закреплён официально, но порядок их оценки отличается от международных требований. Показано, что в ряде случаев справедливую стоимость биологических активов бывает трудно определить, и их реальная оценка зачастую опирается на профессиональное суждение и косвенные рыночные индикаторы. Сделан вывод о необходимости гармонизации национальных подходов с международными требованиями учета в условиях климатических и макроэкономических рисков при формировании отчетности сельскохозяйственных организаций.

**Ключевые слова:** биологические активы, Международные стандарты финансовой отчетности, ГААП США, справедливая стоимость, отчетность организаций аграрного сектора, биологическая трансформация

**Для цитирования:** Малицкая В.Б., Коноваленко И.Е., Лытнева Н.А., Леонова Н.В. Анализ практики отражения в отчетности биологических активов в соответствии с российскими и международно признанными стандартами // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, 2(89). С. 174–184. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_174-184](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_174-184).

### 5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS (ECONOMIC SCIENCES)

Original article

#### **Analysis of biological assets reporting policies in line with the Russian and internationally acceptable accounting standards**

**Victoria B. Malitskaya<sup>1✉</sup>, Irina E. Konovalenko<sup>2</sup>,  
Natalia A. Lytneva<sup>3</sup>, Natalia Leonova<sup>4</sup>**

<sup>1, 2</sup> Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

<sup>3</sup> Central Russian Institute of Management – Branch of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Orel, Russia

<sup>4</sup> Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

<sup>1</sup> vmrussian@yandex.ru✉

**Abstract.** A comparative analysis of the reflection of biological assets in accounting (financial) statements in accordance with internationally recognized standards (IAS 41 Agriculture, Topic 905 Agriculture of the US GAAP Accounting Standards Codification) and Russian practice (FAS 6/2020, Methodological Recommendations of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Federal Public Sector Accounting Standard "Biological Assets"). Approaches to the classification and evaluation of biological assets are considered, special attention is paid to practical examples of biological assets presentation in the financial statements of various agricultural companies. The analysis has shown that approaches to accounting biological assets in international and national practice have both common features and fundamental differences. IAS 41 classifies biological assets into an independent category and focuses on their valuation at fair value less costs to sell, which ensures high sensitivity of reporting to market changes and biological transformation. The US GAAP retains its traditional focus on historical value, classifying agricultural assets as stocks or fixed assets and excluding the possibility of regular revaluation. Russian practice is based on the norms of FAS 6/2020 and the methodological recommendations of the Ministry of Agriculture, which leads to the recognition of productive livestock and fruit crops as part of fixed assets. At the same time, the term "biological assets" is officially fixed in budget accounting, but the procedure for their assessment differs from international requirements. It is shown that in some cases, the fair value of biological assets can be difficult to determine, and their actual valuation is often based on professional judgment and indirect market indicators. It is concluded that it is necessary to harmonize national approaches with international accounting requirements in the context of climatic and macroeconomic risks in the reporting of agricultural organizations.

**Keywords:** biological assets, International Financial Reporting Standards (IFRS)/ International Accounting Standards (IAS), US GAAP, fair value, financial statements of agricultural companies, biological transformation

**For citation:** Malitskaya V.B., Konovalenko I.E., Lytneva N.A., Leonova N.V. Analysis of biological assets reporting policies in line with the Russian and internationally acceptable accounting standards. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(2):174-184. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_174-184](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_174-184).

Как известно, сельское хозяйство играет ключевую роль в мировой экономике, обеспечивая базовые потребности человечества и влияя на развитие многих других сфер (торговлю, занятость, инфраструктуру и экономическое развитие в целом). При этом следует отметить, что в ряде случаев сельскохозяйственной отрасли не уделяется должного внимания со стороны органов, регулирующих ведение бухгалтерского учета [11].

Однако вследствие усиливающейся экзогенной неопределенности, обусловленной совокупностью климатических и макроэкономических рисков, значимость учета биологических активов, способного не только отражать текущее состояние организации, но и служить инструментом для принятия стратегических решений, неуклонно возрастает.

В российских публикациях последних лет многие авторы акцентируют внимание на необходимости адаптации отечественных моделей учета биологических активов к требованиям МСФО (IAS) 41 «Сельское хозяйство», принимая во внимание специфику национального агропромышленного комплекса.

Так, Е.В. Кузнецова, разделяя мнение о существенном влиянии климатических факторов на биологические активы, предлагает адаптированные учетные модели для аграрных предприятий, функционирующих в условиях нестабильности [2]. Т.А. Смирнова рассматривает биологические активы не только как элементы бухгалтерской отчетности, но и как ресурсы стратегического управления сельскохозяйственными организациями, выделяя их информационную ценность для принятия управленческих решений [9].

Согласно МСФО (IAS) 41 «Сельское хозяйство», «биологический актив – это живущее животное или растение» [7]. Положения данного международного стандарта также распространяются на сельскохозяйственную продукцию в момент ее сбора – она является продуктом, который получен от биологических активов. Важным условием применения МСФО (IAS) 41 является то, что вышеуказанные объекты должны относиться к сельскохозяйственной деятельности.

Продукты, которые являются результатом переработки после сбора сельскохозяйственной продукции, попадают в сферу применения стандарта МСФО (IAS) 2 «Запасы» [6]. В качестве примера можно привести молочный скот, который представляет собой биологический актив, а полученное молоко – сельскохозяйственную продукцию.

Для учета данных объектов применяется МСФО (IAS) 41; однако сыр, полученный от переработки молока, учитывается уже в качестве запасов.

Следует отметить, что земля сельскохозяйственного назначения и плодовые культуры, которые относятся к сельскохозяйственной деятельности, не классифицируются как биологические активы, а отражаются в учете как основные средства. Учитывая, что плодовые культуры способны плодоносить в течение более одного периода, классификация их в качестве основных средств является вполне обоснованной. В то же время такая продукция плодовых культур, как, например, виноград или чайные листья, относится к сфере применения МСФО (IAS) 41 [7].

Биологические активы на дату первоначального признания, а также на дату окончания каждого отчетного периода должны учитываться по справедливой стоимости за минусом затрат на их продажу. Данное требование применяется только тогда, когда справедливую стоимость можно надежно оценить.

В соответствии с МСФО (IFRS) 13 «Оценка справедливой стоимости» «справедливая стоимость – это цена, которая была бы получена при продаже актива или уплачена при передаче обязательства в ходе обычной сделки между участниками рынка на дату оценки» [8].

**Пример 1.** На 31 декабря 2024 г. сельскохозяйственная организация владеет стадом из 50 коров. В течение года рыночные условия изменились: если на 31 декабря 2023 г. справедливая стоимость одной коровы (за вычетом расходов на продажу) составляла 100 000 руб., то к 31 декабря 2024 г. она выросла до 180 000 руб.

*Отражение в отчете о финансовом положении на 31.12.2024:*

По строке «Биологические активы» организация должна показать стоимость стада, исходя из новой оценки:

$$50 \times 180\,000 \text{ руб.} = 9\,000\,000 \text{ руб.}$$

*Отражение в отчете о совокупном доходе за 2024 год:*

Увеличение справедливой стоимости биологических активов за год составило:

$$(50 \times 180\,000) - (50 \times 100\,000) = 4\,000\,000 \text{ руб.}$$

Эта сумма признается как прибыль периода. В практике сельхозорганизаций подобные корректировки часто включаются в состав валовой прибыли, поскольку они напрямую отражают биологическую трансформацию активов.

В случае если справедливая стоимость биологического актива не поддается надежной оценке, биологический актив следует оценивать по первоначальной стоимости за минусом накопленной амортизации и накопленных убытков от обесценения, т. е. порядок учета является таким же, как в отношении основных средств и нематериальных активов.

Если впоследствии у организации появляется возможность надежно определить справедливую стоимость, она должна учитывать такой биологический актив по справедливой стоимости за вычетом затрат на продажу.

Сельскохозяйственная продукция также оценивается по справедливой стоимости за вычетом затрат на продажу по состоянию на момент ее сбора. Данная оценка становится первоначальной стоимостью такой продукции на тот момент, когда она классифицируется в качестве запасов согласно МСФО (IAS) 2.

**Пример 2 – практика применения. Консолидированный бухгалтерский баланс датской компании FisrtFarms, которая занимается растениеводством, свиноводством, производством молока и освоением земельных участков, за год, закончившийся 31 декабря 2024 года, в тыс. датских крон (извлечение) [10].**



| АКТИВЫ                                                                    | 2024 г. | 2023 г. |
|---------------------------------------------------------------------------|---------|---------|
| Внеоборотные активы                                                       |         |         |
| Биологические активы                                                      |         |         |
| Основное стадо                                                            | 60 239  | 61 457  |
|                                                                           |         |         |
| Оборотные активы                                                          |         |         |
| Биологические активы – племенные животные и сельскохозяйственные культуры | 100 760 | 97 153  |

**Пример 3 – практика применения. Примечания к консолидированной финансовой отчетности датской компании FirstFarms, за год, закончившийся 31 декабря 2024 года (извлечение) [10].**

#### 1. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ УЧЕТНОЙ ПОЛИТИКИ

Внеоборотные активы: стадо продуктивных животных отражается как долгосрочные биологические активы; они оцениваются по справедливой стоимости за вычетом расходов на реализацию.

Оборотные активы: животные, предназначенные для разведения, а также сельскохозяйственные культуры классифицируются как краткосрочные; они оцениваются по справедливой стоимости за вычетом расходов на реализацию.

#### 2. РАСЧЕТНЫЕ ОЦЕНКИ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ СУЖДЕНИЕ

##### Оценка биологических активов

Биологические активы, стада, племенные животные и сельскохозяйственные культуры оцениваются по справедливой стоимости за вычетом расходов на реализацию. Общая стоимость биологических активов составила 161,0 млн датских крон по состоянию на 31 декабря 2024 г. и 158,6 млн датских крон по состоянию на 31 декабря 2023 г. В Словакии не существует полностью сопоставимых рынков для коров с такой же продуктивностью, как у коров компании FirstFarms. В связи с этим руководство приняло решение оценивать скот с учетом цен на европейском рынке. Основу для оценок составляют данные участников рынка в Дании. Оценка свиней осуществляется на базе цен в Германии. Справедливая стоимость стада рассчитывается на основе среднего веса свиней. Справедливая стоимость свиноматок также рассчитывается на основе себестоимости/цены производства, замены в стаде и т. д.

Справедливая стоимость сельскохозяйственных культур определяется на основе изменения себестоимости, обусловленной биологической трансформацией, с момента посева по 31 декабря 2024 г. Поскольку биологическая трансформация сельскохозяйственных культур, посеянных осенью, ограничена, справедливая стоимость в основном соответствует затратам, понесенным в процессе посева.

Справедливая стоимость биологических активов рассчитывается с использованием Уровня 3 иерархии источников для определения справедливой стоимости.

Таким образом, практика FirstFarms иллюстрирует, что применение МСФО (IAS) 41 требует адаптации к региональной специфике. В отличие от указанной в данном стандарте модели «справедливая стоимость минус затраты на продажу», реальная оценка биологических активов опирается на профессиональное суждение и косвенные рыночные индикаторы. Это делает отчетность одновременно соответствующей международным стандартам и релевантной для управленческих решений, связанных с планированием производства и стратегией развития агробизнеса.

Если говорить о других международно признанных стандартах, то в ГААП США учет и отражение в отчетности активов, связанных с сельскохозяйственной деятельностью, регулируется Разделом 905 «Сельское хозяйство» Кодификации стандартов бухгалтерского

учета (Topic 905 Agriculture of the US GAAP Accounting Standards Codification) [12]. При этом требования данного раздела распространяются только на сельскохозяйственных производителей и сельскохозяйственные кооперативы.

В ГААП США термин «биологические активы» отсутствует; все сельскохозяйственные культуры подразделяются на выращиваемые культуры и собранный урожай.

В свою очередь, животные делятся на:

- находящиеся на выращивании и откорме;
- предназначенные для продажи;
- продуктивные животные (крупный рогатый скот молочного направления, овцы, племенной скот) [12].

Выращиваемые культуры классифицируются в качестве запасов и оцениваются по себестоимости. Что касается собранного урожая и животных, предназначенных для продажи (в МСФО они носят название «сельскохозяйственная продукция, полученная от биологических активов организации»), то они также классифицируются в составе запасов, но могут учитываться одним из двух способов:

1) по наименьшей из двух величин: себестоимости или рыночной цены (lower of cost or market – LCM);

2) по чистой возможной цене продажи (т. е. цена продажи за вычетом расходов на продажу). Данный способ может быть применен организацией только при выполнении определенных условий:

- рыночная стоимость активов может быть надежно и легко оценена;
- затраты на продажу относительно невелики и поддаются оценке;
- активы готовы к немедленной доставке покупателю.

При использовании второго способа разница между себестоимостью и чистой возможной ценой продажи учитывается в составе прибыли или убытка текущего периода.

Продуктивные животные также учитываются по себестоимости, но входят в состав основных средств. После первоначального признания они амортизируются в течение их срока полезного использования. Животных с низкой пожизненной продуктивностью (домашняя птица) разрешается учитывать в качестве запасов.

В ГААП США, в отличие от МСФО, не используется термин «плодовые культуры». Учет земельных участков, используемых сельскохозяйственными предприятиями, происходит по аналогии с учетом основных средств.

Все расходы, связанные с выращиванием виноградников, садовых культур, должны капитализироваться, т. е. включаться в их первоначальную стоимость, а затем амортизироваться в течение срока полезного использования актива.

Если говорить о сельскохозяйственной продукции, т. е. продукции, собранной с сельскохозяйственных активов, то никакой реклассификации и переоценки в момент сбора не осуществляется. В целом, в отличие от требований МСФО, переоценка активов в ГААП США запрещена.

**Пример 4 – практика применения. Примечания к консолидированной финансовой отчетности американской компании Tyson Foods, которая занимается переработкой и продажей мяса и мясных продуктов, за год, закончившийся 28 сентября 2024 года (извлечение) [13].**

*Основные элементы учетной политики*

**Запасы**

Переработанная продукция, скот, материалы и прочие запасы оцениваются по наименьшей из двух величин: себестоимости или чистой возможной цене продажи. Себестоимость включает закупленное сырье, затраты на покупку живого скота, затраты на выращивание скота (в основном корма, оплату труда животноводов, а также затраты

на отлов и перевозку), заработную плату, производственные и производственные накладные расходы, связанные с приобретением и производством запасов. По состоянию на 28 сентября 2024 г. себестоимость запасов определялась либо методом ФИФО, либо методом средневзвешенной стоимости; те же методы использовались по состоянию на 30 сентября 2023 года. Запасы представлены за вычетом корректировок, составивших 115 млн долл. на 28 сентября 2024 г. и 145 млн долл. на 30 сентября 2023 г. Данные корректировки осуществлялись из-за возникшей разницы между себестоимостью и чистой возможной ценой продажи. Ниже представлены основные группы запасов по состоянию на 28 сентября 2024 г. и 30 сентября 2023 г. (млн долл.):

|                           | 2024 г.  | 2023 г.  |
|---------------------------|----------|----------|
| Переработанная продукция  | \$ 2 897 | \$ 2 847 |
| Скот                      | 1 460    | 1 594    |
| Материалы и прочие запасы | 838      | 887      |
| Итого запасы              | \$ 5 195 | \$ 5 328 |

Как видно из примера 4, компанией Tyson Foods скот был классифицирован как «животные, предназначенные для продажи» и включен в состав запасов, а не основных средств, ввиду специфики деятельности организации.

Таким образом, можно говорить о существенном отличии требований, предъявляемых к учету активов сельскохозяйственного назначения, в соответствии с ГААП США и МСФО: в международных стандартах они признаются отдельным активом (оборотным или внеоборотным) и учитываются в большинстве случаев по справедливой стоимости за минусом затрат на продажу. Что касается ГААП США, активы сельскохозяйственного назначения не выделяются в отдельную категорию «биологических», как это предусмотрено МСФО. В зависимости от их функционального назначения они могут быть отражены либо в составе запасов, либо в составе основных средств. Первоначальное признание осуществляется по себестоимости, а последующий учет ведется в соответствии с применимыми стандартами (например, в отношении оценки запасов или амортизации основных средств). Такой подход демонстрирует ориентацию американской системы на историческую стоимость и исключает возможность регулярной переоценки, что принципиально отличает ее от требований МСФО (IAS) 41.

В российской системе бухгалтерского учета отсутствует специализированный отраслевой стандарт, регулирующий сельскохозяйственную деятельность. Предполагается, что Фонд развития бухгалтерского учета «Национальный негосударственный регулятор бухгалтерского учета «Бухгалтерский методологический центр»» (Фонд «НРБУ «БМЦ»») в третьем квартале 2026 г. представит новый федеральный стандарт, регламентирующий учет биологических активов, который может вступить в силу, начиная с отчетности за 2029 г.

В настоящее время организации агропромышленного комплекса ориентируются на общие положения ФСБУ 6/2020 «Основные средства», а также на ряд методических документов Минсельхоза России, в частности на приказ от 02.02.2004 № 73 «Об утверждении Методических рекомендаций по учету затрат в животноводстве», включающий положения о признании животных на выращивании и откорме [3].

Практика крупнейших агрохолдингов, например ООО «Группа компаний «ЭкоНива»», демонстрирует применение этих норм: продуктивный и рабочий скот включается в состав основных средств при условии, что его стоимость превышает установленный лимит (100 тыс. руб. за единицу).

Критериями признания животных в качестве основных средств по ФСБУ 6/2020 являются:

- наличие материально-вещественной формы;
- использование в производственной деятельности организации или при оказании услуг;
- срок эксплуатации более 12 месяцев либо операционного цикла, превышающего этот период;
- способность приносить экономические выгоды в будущем [5].

В Российской Федерации понятие биологических активов используется только в бюджетном учете. В частности, они приводятся в Федеральном стандарте бухгалтерского учета государственных финансов «Биологические активы» (утвержден приказом Министерства финансов РФ от 16.12.2020 № 310н). В рамках данного стандарта биологические активы трактуются как живые организмы – животные, растения, грибы, культивируемые для получения биологической продукции (включая древесину), рост и воспроизводство которых находятся под контролем субъекта учета и связаны с выполнением государственных или муниципальных функций [4].

Активы в данном стандарте могут относиться к одной из следующих групп:

- находящиеся на выращивании и откорме – животные, многолетние насаждения до достижения биологической зрелости и иные активы;
- достигшие биологической зрелости – продуктивный и племенной скот, рыба, птица, семьи пчел, а также многолетние и однолетние насаждения, включая рассаду.

Как мы видим, представленная классификация биологических активов в российском федеральном стандарте во многом совпадает с положениями п. 45 МСФО (IAS) 41, однако различия проявляются в подходах к их оценке. В отечественной системе учета первоначальное признание осуществляется по фактическим затратам организации, формирующим первоначальную стоимость актива. Эта величина фиксируется и в дальнейшем не подлежит изменению, что отражает традиционный для российской практики акцент на исторической стоимости.

Исключение составляют случаи необменных операций и появление приплода: такие активы допускается признавать по справедливой стоимости, что приближает российский подход к международной модели. Тем не менее в российском бюджетном учете последующая оценка биологических активов имеет ряд методологических особенностей. На каждую отчетную дату такие активы подлежат обязательной переоценке по справедливой стоимости. При этом, в отличие от требований МСФО (IAS) 41, из расчета не исключаются затраты, связанные с их возможной реализацией. Это означает, что оценка в национальной системе формируется на основе «чистой» справедливой стоимости, без корректировок на расходы по продаже, что приводит к более высокой величине актива в отчетности.

Кроме того, российские субъекты учета должны тестировать свои биологические активы на обесценение. При этом порядок проверки на обесценение, изложенный в соответствующем федеральном стандарте бухгалтерского учета для организаций государственного сектора, значительно отличается от положений МСФО (IAS) 36 «Обесценение активов».

МСФО (IFRS) 13 «Оценка справедливой стоимости» предполагает трехуровневую иерархию источников, которые позволяют оценить справедливую стоимость актива [8]:

- Уровень 1 – наиболее прозрачный и объективный, основан на рыночных котировках активного рынка по идентичным активам, доступным организации на дату оценки. Такие данные считаются эталонными, поскольку отражают фактические сделки между независимыми участниками рынка;

- Уровень 2 – промежуточный уровень, включающий наблюдаемые параметры, отличные от прямых котировок, к нему относятся цены последних сделок, скорректированные рыночные значения для аналогичных активов или другие рыночные индикаторы. Данный уровень требует профессионального суждения, но сохраняет связь с реальными рыночными данными;

- Уровень 3 – наименее наблюдаемый и наиболее субъективный, предполагает использование ненаблюдаемых исходных данных, например моделей дисконтированных денежных потоков, прогнозов доходности или внутренних оценок. Применение этого уровня связано с высокой степенью неопределенности и требует раскрытия информации о ключевых допущениях.

Таким образом, иерархия, изложенная в МСФО (IFRS) 13, отражает баланс между объективностью и гибкостью: чем выше уровень, тем больше надежность данных, но меньше необходимость в профессиональном суждении; чем ниже уровень, тем выше роль экспертных оценок и риск субъективности.

На практике довольно часто возникают сложности с определением справедливой стоимости биологических активов, чему способствуют следующие факторы:

1) отсутствие активного рынка – ряд биологических активов, например плодовые деревья, не имеют развитого рынка, в связи с чем организациям приходится использовать альтернативные методы оценки их справедливой стоимости. Это, в свою очередь, повышает фактор субъективности при составлении отчетности;

2) длительный производственный цикл некоторых биологических активов – например, многолетние культуры растут на протяжении ряда лет, – в связи с чем их справедливая стоимость может значительно меняться в течение этого времени;

3) существенная волатильность цен на биологические активы, чему могут способствовать: изменение рыночной конъюнктуры, международные санкции, политика государственного регулирования в сельскохозяйственной отрасли.

4) субъективность, которая возникает при дисконтировании будущих денежных потоков, в частности в отношении выбора ставки дисконтирования, методов прогнозной оценки доходов и др.

Все вышесказанное подтверждается анализом финансовой отчетности ряда российских и европейских сельскохозяйственных компаний, составляющих свою отчетность по МСФО – во многих случаях оценка справедливой стоимости биологических активов была отнесена к Уровню 3, т. е. речь шла о ненаблюдаемых исходных данных. Так, ПАО «Группа Компаний «Русагро»» в примечаниях к своей финансовой отчетности за 2024 г. отмечает, что на отчетные даты отсутствовали наблюдаемые рыночные цены на свиней с одинаковым физическим состоянием. В связи с этим Группа определяла справедливую стоимость взрослых животных на основе ожидаемого денежного потока от их продажи в конце срока полезного использования; в частности, оценивались фактические цены продажи выбракованных животных на конец отчетного периода, а также планируемый вес животных. В качестве ставки дисконтирования применялась текущая рыночная ставка до налогообложения.

Поскольку ряд допущений при определении справедливой стоимости носили субъективный характер, ПАО «Группа Компаний «Русагро»» также рассчитало возможную справедливую стоимость племенных животных, которая была бы, если бы ключевые допущения были на 10% ниже и на 10% выше исходных [1].

Таким образом, можно констатировать, что требования к отражению биологических активов по РСБО, МСФО и ГААП США отличаются (табл.).

**Классификация и отражение в отчетности биологических активов  
по российским и международно признанным стандартам**

| Кри-<br>терий                    | РСБУ (ФСБУ 6/2020,<br>бюджетный стандарт)                                                                                                                                                                                                                 | МСФО (IAS) 41<br>«Сельское хозяйство»                                                                                                                                                                                                                    | ГААП США                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Определение</b>               | В учете коммерческих организаций термин «биологические активы» отсутствует; продуктивный скот и плодовые культуры признаются как основные средства.<br>В бюджетном учете биологические активы – «живые организмы, культивируемые для получения продукции» | Живое животное или растение; продукция в момент сбора также относится к биологическим активам                                                                                                                                                            | Термин «биологические активы» не используется; выделяются выращиваемые культуры, собранный урожай, животные на откорме, предназначенные для продажи, продуктивные животные  |
| <b>Классификация</b>             | В учете коммерческих организаций:<br>1) продуктивный и рабочий скот → основные средства;<br>2) животные на выращивании и откорме → запасы.<br>В бюджетном учете:<br>1) находящиеся на выращивании;<br>2) достигшие зрелости                               | 1. Биологические активы: оборотные активы (животные на продажу, культуры) и внеоборотные (основное стадо).<br>2. Сельхозпродукция при сборе → запасы                                                                                                     | 1. Выращиваемые культуры и собранный урожай → запасы.<br>2. Животные на продажу → запасы.<br>3. Продуктивные животные → основные средства                                   |
| <b>Первоначальная оценка</b>     | В учете коммерческих организаций по первоначальной стоимости (фактические затраты).<br>В бюджетном учете приплод и необменные активы – по справедливой стоимости                                                                                          | По справедливой стоимости минус затраты на продажу, если ее можно надежно оценить; иначе – по первоначальной стоимости                                                                                                                                   | По первоначальной стоимости                                                                                                                                                 |
| <b>Последующая оценка</b>        | В учете коммерческих организаций: по первоначальной стоимости за вычетом амортизации и убытков от обесценения.<br>В бюджетном учете: на каждую отчетную дату – по справедливой стоимости (без вычета затрат на продажу)                                   | На каждую отчетную дату по справедливой стоимости минус затраты на продажу; изменения признаются в прибыли/убытке.<br>Если справедливую стоимость нельзя надежно оценить, то по первоначальной стоимости за вычетом амортизации и убытков от обесценения | Запасы – по наименьшей из двух величин: себестоимости/рыночной цене либо по чистой возможной цене продажи. Основные средства – за вычетом амортизации; переоценка запрещена |
| <b>Продукция при сборе</b>       | В учете коммерческих организаций учитываются как запасы по себестоимости.<br>В бюджетном учете – по справедливой стоимости                                                                                                                                | Оценивается по справедливой стоимости минус затраты на продажу; эта величина становится себестоимостью запасов                                                                                                                                           | Учитывается в составе запасов по себестоимости                                                                                                                              |
| <b>Плодовые культуры / земля</b> | Плодовые культуры и земля – основные средства                                                                                                                                                                                                             | Плодовые культуры – основные средства; урожай с них – биологический актив                                                                                                                                                                                | Земля и многолетние насаждения – основные средства                                                                                                                          |

Источник: составлено авторами по результатам исследования.

Проведенный анализ показал, что подходы к учету биологических активов в международной и национальной практике имеют как общие черты, так и принципиальные различия. Так, МСФО (IAS) 41 выделяет биологические активы в самостоятельную категорию и ориентируется на их оценку по справедливой стоимости за вычетом затрат на продажу, что обеспечивает высокую чувствительность отчетности к рыночным изменениям и биологической трансформации. В противоположность этому, ГААП США сохраняет традиционный акцент на исторической стоимости, классифицируя сельскохозяйственные активи-

вы как запасы или основные средства и исключая возможность регулярной переоценки. Российская практика, не имея отдельного отраслевого стандарта для коммерческих организаций, опирается на нормы ФСБУ 6/2020 и методические рекомендации Минсельхоза России, что приводит к признанию продуктивного скота и плодовых культур в составе основных средств. При этом в бюджетном учете термин «биологические активы» закреплён официально, но порядок их оценки отличается от международных требований.

Таким образом, можно заключить, что гармонизация национальных подходов с международными стандартами остается актуальной задачей. Она требует учета специфики агропромышленного комплекса, климатических и макроэкономических рисков, а также необходимости предоставления информации, полезной не только для бухгалтерской отчетности, но и для стратегического управления сельскохозяйственными организациями.

#### Список источников

1. Аудированная консолидированная отчетность ПАО «Группа «Русагро»» за 2024 год [Электронный ресурс] // ООО «Группа компаний «Русагро»». URL: <https://www.rusagrogroup.ru/ru/investoram/otchety-i-publikacii/finansovaja-otchetnost/> (дата обращения: 26.11.2025).
2. Кузнецова Е.В. Особенности применения МСФО 41 в условиях климатической нестабильности // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2021. № 4. С. 55–61.
3. Об утверждении Методических рекомендаций по учету затрат в животноводстве: приказ Минсельхоза России от 02.02.2004 № 73 [Электронный ресурс]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_66591/0c1c68eef3b4626fadc21ea6fec1d4e09ba2e0c4/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_66591/0c1c68eef3b4626fadc21ea6fec1d4e09ba2e0c4/) (дата обращения: 17.11.2025).
4. Об утверждении Федерального стандарта бухгалтерского учета государственных финансов «Биологические активы»: приказ Минфина России от 16.12.2020 № 310н [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/400265771/> (дата обращения: 20.12.2025).
5. Об утверждении Федерального стандарта бухгалтерского учета ФСБУ 6/2020 «Основные средства» и ФСБУ 26/2020 «Капитальные вложения»: приказ Минфина России от 17.09.2020 № 204н [Электронный ресурс]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_365338/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_365338/) (дата обращения: 20.11.2025).
6. О введении Международных стандартов финансовой отчетности и Разъяснений Международных стандартов финансовой отчетности в действие на территории Российской Федерации и о признании утратившими силу некоторых приказов (отдельных положений приказов) Министерства финансов Российской Федерации. Приложение № 2 – Международный стандарт финансовой отчетности (IAS) 2 «Запасы»: приказ Минфина России от 28.12.2015 № 217н [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71223262/> (дата обращения: 14.11.2025).
7. О введении Международных стандартов финансовой отчетности и Разъяснений Международных стандартов финансовой отчетности в действие на территории Российской Федерации и о признании утратившими силу некоторых приказов (отдельных положений приказов) Министерства финансов Российской Федерации. Приложение № 28 – Международный стандарт финансовой отчетности (IAS) 41 «Сельскохозяйственное хозяйство»: приказ Минфина России от 28.12.2015 № 217н [Электронный ресурс]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_193593/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_193593/) (дата обращения: 11.11.2025).
8. О введении Международных стандартов финансовой отчетности и Разъяснений Международных стандартов финансовой отчетности в действие на территории Российской Федерации и о признании утратившими силу некоторых приказов (отдельных положений приказов) Министерства финансов Российской Федерации. Приложение № 40 – Международный стандарт финансовой отчетности (IFRS) 13 «Оценка справедливой стоимости»: приказ Минфина России от 28.12.2015 № 217н [Электронный ресурс]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_193740/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_193740/) (дата обращения: 13.11.2025).
9. Смирнова Т.А. Биологические активы в системе стратегического управления аграрными организациями // Бухгалтерский учет в сельском хозяйстве. 2022. № 2. С. 33–39.
10. FirstFarms Corporate Governance – Annual Report 2024 // Danish stock exchange listed company FirstFarms. URL: <https://www.firstfarms.dk>.
11. Fischer M., Marsh T. Biological Assets: Financial Recognition and Reporting Using US and International Accounting Guidance // Journal of Accounting and Finance. 2013. Vol. 13(2). Pp. 57–74.
12. IFRS compared to US GAAP Handbook. 2024. KPMG International Limited Company. URL: <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/be/pdf/IFRS-compared-to-US-GAAP-Handbook-2024.pdf>.
13. Tyson Foods - 10-K Annual Report. Financial Year 2024. Tyson Foods, Inc. URL: <https://www.tysonfoods.com>.

#### References

1. The Audited Consolidated Financial Statements of Rusagro Group of Companies for 2024. Rusagro Group of Companies Official Website. URL: <https://www.rusagrogroup.ru/ru/investoram/otchety-i-publikacii/finansovaja-otchetnost>. (In Russ.).
2. Kuznetsova E.V. Features of applying IAS 41 in a climate-related instability environment. *Financial analytics: problems and solutions*. 2021;4:55-61. (In Russ.).

3. On approval of Methodological Recommendations for Accounting of Costs in Animal Husbandry: Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation of 02.02.20024 No. 73. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_66591/0c1c68eef3b4626fadc21ea6fec1d4e09ba2e0c4/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_66591/0c1c68eef3b4626fadc21ea6fec1d4e09ba2e0c4/). (In Russ.).
4. On approval of Federal Accounting Standard for Public Finance "Biological Assets": Order of the Ministry of Finance of the Russian Federation of 16.12.2020 No 310n. URL: <https://base.garant.ru/400265771/>. (In Russ.).
5. On approval of Federal Accounting Standards "Property, Plant and Equipment" FAS 6/2020 and "Capital Expenditures" FAS 26/2020: Order of the Ministry of Finance of the Russian Federation of 17.09.2020 No 204n. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_365338/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_365338/). (In Russ.).
6. On the introduction of International Financial Reporting Standards and Interpretation of International Financial Reporting Standards into force on the territory of the Russian Federation and on the invalidation of Certain Orders (Certain Provisions of the Orders) of the Ministry of Finance of the Russian Federation. Supplement No. 2 – International Accounting Standard 2 Inventories: Order of the Ministry of Finance of the Russian Federation of 28.12.2015 No. 217n. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71223262/>. (In Russ.).
7. On the introduction of International Financial Reporting Standards and Interpretation of International Financial Reporting Standards into Force on the Territory of the Russian Federation and on the Invalidation of Certain Orders (Certain Provisions of the Orders) of the Ministry of Finance of the Russian Federation. Supplement No. 28 – International Accounting Standard 41 Agriculture: Order of the Ministry of Finance of the Russian Federation of 28.12.2015 No. 217n. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_193593/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_193593/) (In Russ.).
8. On the introduction of International Financial Reporting Standards and Interpretation of International Financial Reporting Standards into Force on the Territory of the Russian Federation and on the Invalidation of Certain Orders (Certain Provisions of the Orders) of the Ministry of Finance of the Russian Federation. Supplement No. 40 – International Financial Reporting Standard 13 Fair Value Measurement: Order of the Ministry of Finance of the Russian Federation of 28.12.2015 No. 217n. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_193740/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_193740/). (In Russ.).
9. Smirnova T.A. Biological assets in the strategic management system of agricultural organizations. *Accounting in Agriculture*. 2022;2:33-39. (In Russ.).
10. FirstFarms Corporate Governance – Annual Report 2024. Danish stock exchange listed company FirstFarms. URL: <https://www.firstfarms.dk>.
11. Fischer M., Marsh T. Biological Assets: Financial Recognition and Reporting Using US and International Accounting Guidance. *Journal of Accounting and Finance*. 2013;13(2):57-74.
12. IFRS compared to US GAAP Handbook. 2024. KPMG International Limited Company. URL: <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/be/pdf/IFRS-compared-to-US-GAAP-Handbook-2024.pdf>.
13. Tyson Foods - 10-K Annual Report. Financial Year 2024. Tyson Foods, Inc. URL: <https://www.tysonfoods.com>.

#### Информация об авторах

В.Б. Малицкая – доктор экономических наук, профессор базовой кафедры финансового контроля, анализа и аудита Главного контрольного управления города Москвы и ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», [vmrussian@yandex.ru](mailto:vmrussian@yandex.ru).

И.Е. Коноваленко – старший преподаватель базовой кафедры финансового контроля, анализа и аудита Главного контрольного управления города Москвы и ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», [konovalenko.ie@rea.ru](mailto:konovalenko.ie@rea.ru).

Н.А. Лытнева – доктор экономических наук, профессор кафедры «Менеджмент и управление персоналом», Среднерусский институт управления – филиал ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации», [ukap-lytneva@yandex.ru](mailto:ukap-lytneva@yandex.ru).

Н.В. Леонова – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики АПК ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [natalya-demcheva@yandex.ru](mailto:natalya-demcheva@yandex.ru).

#### Information about the authors

V.B. Malitskaya, Doctor of Economic Sciences, Professor, the Dept. of Financial Control, Analysis and Audit of the Office of the Controller General of Moscow and Plekhanov Russian University of Economics, [vmrussian@yandex.ru](mailto:vmrussian@yandex.ru).

I.E. Konovalenko, Senior Lecturer, the Dept. of Financial Control, Analysis and Audit of the Office of the Controller General of Moscow and Plekhanov Russian University of Economics, [konovalenko.ie@rea.ru](mailto:konovalenko.ie@rea.ru).

N.A. Lytneva, Doctor of Economic Sciences, Professor, the Dept. of Management and Personnel Management, Central Russian Institute of Management – Branch of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, [ukap-lytneva@yandex.ru](mailto:ukap-lytneva@yandex.ru).

N.V. Leonova, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Economics in Agro-Industrial Complex, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [natalya-demcheva@yandex.ru](mailto:natalya-demcheva@yandex.ru).

Статья поступила в редакцию 10.03.2026; одобрена после рецензирования 20.04.2026; принята к публикации 26.04.2026.

The article was submitted 10.03.2026; approved after reviewing 20.04.2026; accepted for publication 26.04.2026.

© Малицкая В.Б., Коноваленко И.Е., Лытнева Н.А., Леонова Н.В., 2026



5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА  
(ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 338.43:332.33

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2026\_2\_185

EDN: YVZEWW

**Динамика площадей земель сельскохозяйственного назначения  
Центрально-Черноземного экономического района  
и их качественное состояние**

**Елена Владимировна Недикова<sup>1✉</sup>, Алексей Сергеевич Яньшин<sup>2</sup>**

<sup>1, 2</sup> Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,  
Воронеж, Россия

<sup>1</sup> [nedicova@yandex.ru](mailto:nedicova@yandex.ru)

**Аннотация.** Рассмотрена динамика площадей земель сельскохозяйственного назначения в Центрально-Черноземном экономическом районе, а также их качественное состояние. Территория субъекта интенсивно используется в аграрном производстве, что влечет за собой высокую степень эродированности земель. Наиболее распространенными формами являются водная и ветровая эрозия, негативному влиянию которых в различной степени подвержено около 50% пахотных земель. Наряду с этим в последнее время усиливаются процессы зарастания поверхности земельного массива устойчивым покровом древесно-кустарниковой растительности, что приводит к его выводу из оборота ввиду потери основных производственных свойств, несмотря на сохранение качественных характеристик. Установлено, что в Центрально-Черноземном регионе наблюдается устойчивая тенденция сокращения площадей земель сельскохозяйственного назначения при одновременном увеличении территории лесного фонда. Исследование показало наличие существенных межрегиональных различий в динамике земельных ресурсов. Выявлено, что в ряде субъектов происходит увеличение площадей невогребованных земельных долей, что является следствием коренного перелома земельных отношений в России конца XX в. На основе анализа динамики площадей земельного фонда ЦЧР установлено, что за последние 5 лет в каждом из исследуемых субъектов наблюдается сокращение доли земель сельскохозяйственного назначения (в Белгородской области – на 5,1 тыс. га, в Воронежской – 1,2, в Курской – 2,6, в Липецкой – 0,7, в Тамбовской – на 2,1 тыс. га). Общее сокращение за рассматриваемый период составило 11,7 тыс. га. Результаты работы свидетельствуют о необходимости совершенствования механизмов государственного контроля за использованием сельскохозяйственных земель и разработки эффективных мер по вовлечению неиспользуемых территорий в хозяйственный оборот.

**Ключевые слова:** земельный фонд, Центрально-Черноземный экономический район, сельскохозяйственные угодья, деградация земель, невогребованные земли, зарастание пашни

**Для цитирования:** Недикова Е.В., Яньшин А.С. Динамика площадей земель сельскохозяйственного назначения Центрально-Черноземного экономического района и их качественное состояние // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, № 2(89). С. 185–192. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_185-192](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_185-192).

5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS  
(ECONOMIC SCIENCES)

Original article

**Dynamics of agricultural lands in the Central Chernozem  
Economic Region and their qualitative description**

**Elena V. Nedikova<sup>1✉</sup>, Aleksey S. Yanshin<sup>2</sup>**

<sup>1, 2</sup> Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

<sup>1</sup> [nedicova@yandex.ru](mailto:nedicova@yandex.ru)

**Abstract.** The dynamics of agricultural land areas in the Central Chernozem Economic Region, as well as their qualitative description, are considered. The territory of the subject is intensively used in agricultural production, which leads to a high degree of land erosion. The most common forms are water and wind erosion, which negatively affect about 50% of arable land to varying degrees. Along with this, recently the processes of colonization of land areas by stable cover of tree and shrubby vegetation have been intensifying, which leads to its withdrawal from turnover due to the loss of basic production properties, despite the preservation of quality characteristics. It has been established that in the Central Chernozem Region there is a steady tendency to reduce the area of agricultural land while increasing the territory of the forest fund. The study showed the presence of significant interregional differences in the dynamics of land resources in each of the regions. It has been revealed that in a number of subjects there is an increase in the area of unclaimed land shares, which is a

consequence of the fundamental change in land relations in Russia at the end of the XX century. Based on the analysis of the dynamics of the land fund of the Central Chernozem Region, it has been defined that over the past 5 years, in each of the studied subjects, there has been a decrease in the share of agricultural lands (in Belgorod, Voronezh, Kursk, Lipetsk and Tambov Oblasts it decreased by 5.1; 1.2; 2.6; 0.7 and 2.1 thousand hectares, respectively). The total reduction over the period under review amounted to 11.7 thousand hectares. The results obtained indicate the need to improve the mechanisms of state control over the use of agricultural lands and develop effective measures to involve unused territories in economic turnover.

**Keywords:** land fund, Central Chernozem Economic Region, agricultural lands, land degradation, unclaimed lands, colonization of arable land by tree and shrubby vegetation

**For citation:** Nedikova E.V., Yanshin A.S. Dynamics of agricultural lands in the Central Chernozem Economic Region and their qualitative description. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(2):185-192. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_185-192](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_185-192).

Сложившиеся условия социально-экономического развития России, появление новых рисков и угроз, вызванных главным образом антироссийскими экономическими санкциями, введенными рядом западных стран, повышение открытости национального агропродовольственного рынка выдвигают на первый план проблему обеспечения продовольственной безопасности государства.

Продовольственная безопасность является одним из главных условий обеспечения национальной безопасности страны в долгосрочном периоде, фактором сохранения ее государственности и суверенитета, а также важнейшей составляющей социально-экономической политики, направленной на повышение качества жизни российских граждан путем гарантирования высоких стандартов жизнеобеспечения.

Успехи в данном направлении достигаются с помощью тесного взаимодействия таких факторов, как развитие собственного, устойчивого и технологичного сельскохозяйственного производства и формирование эффективной государственной политики, создающей стабильные условия для повышения эффективности деятельности агропромышленного комплекса.

Однако интенсификация аграрного сектора может приводить к деградации сельскохозяйственных угодий, включая пахотные массивы, что обусловлено методами ведения сельского хозяйства, технологическими изменениями и нерациональным использованием ресурсов. К числу факторов, приводящих к ухудшению качественного состояния сельскохозяйственных угодий, относятся:

- нарушение севооборотов (отказ от применения длительных севооборотов в пользу коротких, выращивание монокультур) и нерациональное размещение сельскохозяйственного производства;
- нерациональное применение минеральных удобрений, химических средств защиты растений;
- использование тяжелой сельхозтехники, приводящей к переуплотнению почвы и ухудшению ее физических и химических свойств.

Утрата земельными угодьями своего естественного плодородия является одной из основных проблем современности. Этот процесс представляет собой нелинейную динамическую систему с положительной обратной связью, где ключевые негативные факторы действуют синергетически, ускоряя потерю агроэкологического потенциала, дестабилизируя ситуацию в производственной сфере агропромышленного комплекса [4, 12].

В настоящее время деградация земель представляет собой системное явление, ведущее к утрате почвенного плодородия вследствие комплексного воздействия природно-климатических, социально-экономических и управленческих факторов. С экономической точки зрения она выражается в устойчивом снижении биопродуктивности сельскохозяйственных земель, сопровождаемом комплексом деструктивных процессов: водной и ветровой эрозией, засолением, закислением и иными формами химической и физической деградации. Последствием этого является потеря продуктивности земель, т. е. утрата угодьем всех производственных характеристик и его вывод из оборота.

Земельная реформа 1990 г. задавала вектор новой форме деградации земель. Ликвидация монополии государственной собственности на землю повлекла за собой появление большого числа землевладельцев, землепользователей и арендаторов, а также ухудшение финансового положения сельскохозяйственного производства. В результате повсеместно наблюдалось увеличение площади неиспользуемых пахотных угодий. Эти земли характеризуются затяжной неконтролируемой вторичной сукцессией (зарастание устойчивым покровом древесно-кустарниковой растительности). Несмотря на сохранение естественных характеристик плодородия, такие участки выбывают из оборота из-за сложности и дороговизны их дальнейшего вовлечения в сельскохозяйственную деятельность [1, 3]. С точки зрения экономики этот процесс тоже является деградацией ввиду утраты основных производственных функций участков.

Данная тенденция проявляется по-разному на территории России. Интенсивность процессов зарастания пахотных угодий определяется агроклиматическим потенциалом субъекта, историческими предпосылками и плотностью сельского населения. При этом даже в центральных регионах страны в последние годы наблюдается положительная динамика увеличения площади пашни, подверженной образованию устойчивого покрова древесно-кустарниковой растительности. Сложившаяся ситуация требует особого контроля со стороны государства и реализации системы мер по минимизации ее последствий.

В ходе проведенного исследования были проанализированы статистические данные по наличию и по качественному состоянию земельного фонда, в том числе сельскохозяйственных угодий аграрного центра Российской Федерации – Центрально-Черноземного экономического района.

Центрально-Черноземный экономический район расположен в центральной части Восточно-Европейской равнины, его территория занимает 221 056 км<sup>2</sup>, граничит с Северо-Западным, Центральным, Поволжским и Северо-Кавказским экономическими районами. В состав района входят Белгородская, Воронежская, Курская, Липецкая и Тамбовская области, а также Донецкая и Луганская Народные Республики. Сельскохозяйственные угодья занимают около 17,26 млн га (свыше 75% от территории субъектов, что является одним из самых высоких показателей в России).

Исторически сложившийся интенсивный характер сельскохозяйственного освоения территории Центрально-Черноземного региона обуславливает устойчивую тенденцию развития деградационных процессов почвенного покрова. Наиболее распространенными формами являются водная и ветровая эрозия, негативному влиянию которых в различной степени подвержено около 50% пахотных земель. Их пространственное распределение носит дифференцированный характер: первая наиболее интенсивно проявляется на склоновых землях, в то время как вторая сосредоточена на равнинных территориях, преимущественно в юго-восточных районах. Также к ключевым проблемам исследуемого района относят истощение мощности гумусового горизонта черноземов, снижение запасов гумуса, а также нарушение земельного покрова вследствие добычи полезных ископаемых.

На основе анализа динамики площади земельного фонда Центрально-Черноземного экономического района установлено, что за последние 5 лет в каждом из исследуемых субъектов ее показатели имеют отрицательные значения. В Белгородской области земли сельскохозяйственного назначения сократились на 5,1 тыс. га, в Воронежской – на 1,2, в Курской – на 2,6, в Липецкой – на 0,7, в Тамбовской области – на 2,1 тыс. га. Общее сокращение за рассматриваемый период составило 11,7 тыс. га [10].

В части регионов заметен рост земель лесного фонда, что объясняется проведением работ по переводу в данную категорию лесопокрываемых земельных угодий, находившихся в постоянном (бессрочном) пользовании агропромышленных предприятий, а также пахотных массивов, на поверхности которых образовался устойчивый покров

древесно-кустарниковой растительности. В Белгородской области увеличение составило 1,1 тыс. га, в Воронежской – 0,2 и в Тамбовской области – 1,1 тыс. га. В Курской и Липецкой областях за рассматриваемый период изменений не происходило. Общий прирост за анализируемый промежуток времени составил 2,4 тыс. га (табл. 1). Данные по Донецкой и Луганской Народным Республикам отсутствуют, т. к. они только недавно вошли в состав Российской Федерации, вследствие чего отчетность в этих субъектах ранее не производилась.

**Таблица 1. Площадь земель сельскохозяйственного назначения и лесного фонда в Центрально-Черноземном экономическом районе за 2019–2023 гг., тыс. га**

| Субъект РФ                    | Категория земель                       | Годы   |        |        |        |        | Изменение площади, +/-                        |
|-------------------------------|----------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------------------------------------|
|                               |                                        | 2019   | 2020   | 2021   | 2022   | 2023   |                                               |
| Белгородская область          | Земли сельскохозяйственного назначения | 2088,9 | 2088,0 | 2086,9 | 2084,6 | 2083,8 | –5,1                                          |
|                               | Земли лесного фонда                    | 228,0  | 228,0  | 228,6  | 229,1  | 229,1  | 1,1                                           |
| Воронежская область           | Земли сельскохозяйственного назначения | 4175,6 | 4175,5 | 4175,4 | 4175,1 | 4174,4 | –1,2                                          |
|                               | Земли лесного фонда                    | 470,0  | 470,0  | 470,0  | 470,0  | 470,2  | 0,2                                           |
| Курская область               | Земли сельскохозяйственного назначения | 2272,2 | 2272,3 | 2270,5 | 2270,3 | 2269,6 | –2,6                                          |
|                               | Земли лесного фонда                    | 224,0  | 224,0  | 224,0  | 224,0  | 224,0  | 0,0                                           |
| Липецкая область              | Земли сельскохозяйственного назначения | 1917,8 | 1917,6 | 1917,4 | 1917,3 | 1917,1 | –0,7                                          |
|                               | Земли лесного фонда                    | 178,9  | 178,9  | 178,9  | 178,9  | 178,9  | 0,0                                           |
| Тамбовская область            | Земли сельскохозяйственного назначения | 2783,3 | 2782,3 | 2782,3 | 2781,3 | 2781,2 | –2,1                                          |
|                               | Земли лесного фонда                    | 374,7  | 375,7  | 375,7  | 375,7  | 375,8  | 1,1                                           |
| Донецкая Народная Республика  | Земли сельскохозяйственного назначения | н/д    | н/д    | н/д    | н/д    | 1788,9 | В виду недостатка данных динамика не выявлена |
|                               | Земли лесного фонда                    | н/д    | н/д    | н/д    | н/д    | 135,8  |                                               |
| Луганская Народная Республика | Земли сельскохозяйственного назначения | н/д    | н/д    | н/д    | н/д    | 1557,1 |                                               |
|                               | Земли лесного фонда                    | н/д    | н/д    | н/д    | н/д    | 257,9  |                                               |

Источник: составлено авторами по данным [10].

В большинстве случаев пахотные массивы, подверженные зарастанию древесно-кустарниковой растительностью, отнесены к категории невостребованных. Под ними понимают земли, принадлежащие гражданам на праве собственности, не распорядившимся ими в течение трех и более лет. Доминирующим фактором, повлекшим за собой увеличение масштабов таких земельных угодий, стала ликвидация монополии государственной собственности на землю и раздел единых агропромышленных комплексов на земельные и имущественные доли [6, 9]. Возникшая вследствие наделения землевладельцев собственностью без установления физических границ, частого перераспределения земель, банкротства сельскохозяйственных предприятий правовая неопределенность привела к выведению из оборота значительной площади плодородных земель. Часть собственников к настоящему времени либо не заявила о своих имущественных правах, либо так и не распорядилась ими, из-за чего такие земельные массивы попали в категорию невостребованных.

В Центрально-Черноземном экономическом районе в большинстве случаев наблюдается сокращение общей площади невостребованных земельных долей, что связано с проведением работ по выявлению собственников таких массивов и привлечению их к ответственности за неиспользование земель по целевому назначению. Так, на территории Воронежской, Курской и Липецкой областей уменьшение составило соответ-

ственно 16,741 тыс. га, 30,800 и 43,487 тыс. га. Общее сокращение по трем регионам – 91,408 тыс. га, что является одним из самых высоких показателей на всей территории Российской Федерации (в сравнении с общей площадью субъектов).

Статистика по Белгородской и Тамбовской областям имеет иной характер. На территории этих регионов наблюдается увеличение площади невостребованных земельных долей соответственно на 10,163 и 2,099 тыс. га (табл. 2). Статистические данные о количестве подобных массивов отсутствуют ввиду их неинформативности, т. к. размер земельных участков, принадлежащих гражданам, отличается в зависимости от множества факторов даже на территории одного муниципального района.

**Таблица 2. Площадь невостребованных земельных долей  
в Центрально-Черноземном экономическом районе за 2019–2023 гг., тыс. га**

| Субъект РФ                    | Годы   |        |        |        |        | Изменение площади, +/-                       |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------------------------------------|
|                               | 2019   | 2020   | 2021   | 2022   | 2023   |                                              |
| Белгородская область          | 31,885 | 17,047 | 10,284 | 36,416 | 42,048 | 10,163                                       |
| Воронежская область           | 61,872 | 0,742  | 50,082 | 79,682 | 45,131 | –16,741                                      |
| Курская область               | 122,96 | 85,917 | 98,607 | 108,85 | 92,161 | –30,800                                      |
| Липецкая область              | 51,223 | 41,316 | 14,253 | 13,869 | 7,356  | –43,867                                      |
| Тамбовская область            | н/д    | н/д    | 4,824  | 8,436  | 6,923  | 2,099                                        |
| Донецкая Народная Республика  | н/д    | н/д    | н/д    | н/д    | н/д    | Ввиду недостатка данных динамика не выявлена |
| Луганская Народная Республика | н/д    | н/д    | н/д    | н/д    | н/д    |                                              |

Источник: составлено авторами на основе данных [2].

Устойчивое развитие агропромышленного комплекса является важнейшим условием обеспечения продовольственной безопасности страны, что не представляется возможным без выявления и вовлечения в хозяйственный оборот неиспользуемых земель [8, 11]. Согласно действующей классификации земельные участки относят к неиспользуемым, если:

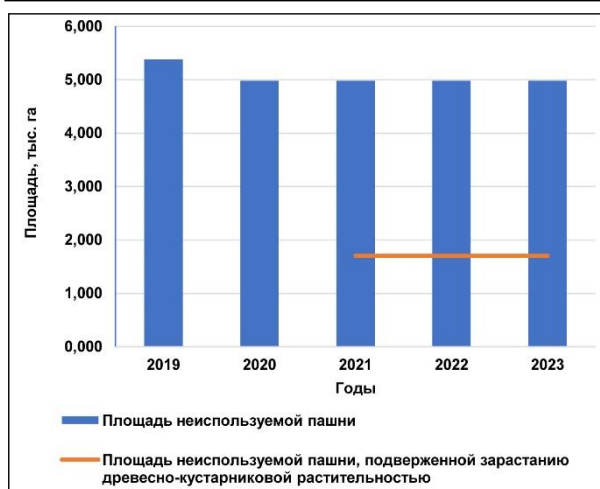
1) их поверхность на 50% и более занята устойчивым покровом сорных растений или древесно-кустарниковой растительности;

2) для дерна на поверхности выдела характерно переплетение корней, побегов и корневищ многолетних сорных растений и (или) распространение деградации земель [7].

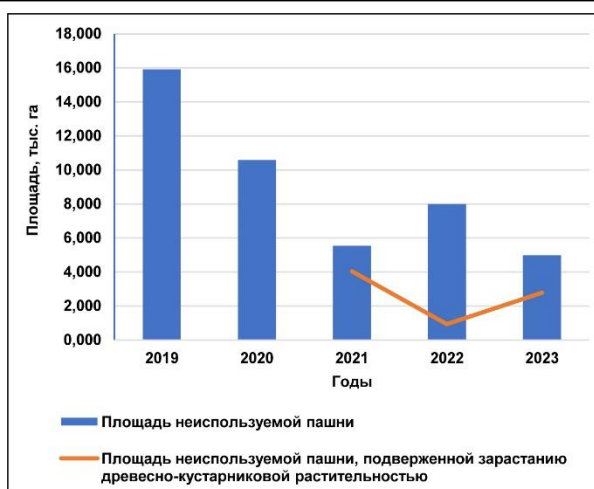
Заращение ценных сельскохозяйственных угодий является одной из ключевых проблем сельскохозяйственной отрасли нашей страны. В большей степени от этого страдают пастбищные земли, стремительно утрачивающие свое хозяйственное значение из-за минимального выгула скота, что приводит к доминированию кустарников на их поверхности, а также невостребованные пахотные массивы.

Несмотря на то что Центральное Черноземье является аграрным центром России, в структуре его земельного фонда выявлена неиспользуемая пашня. На территории Белгородской, Воронежской и Липецкой областей наблюдается уменьшение данного показателя, что отличает их от Курской и Тамбовской областей, где эта величина, несмотря на свое изначальное сокращение, в последние годы начала вновь расти (рис. 1).

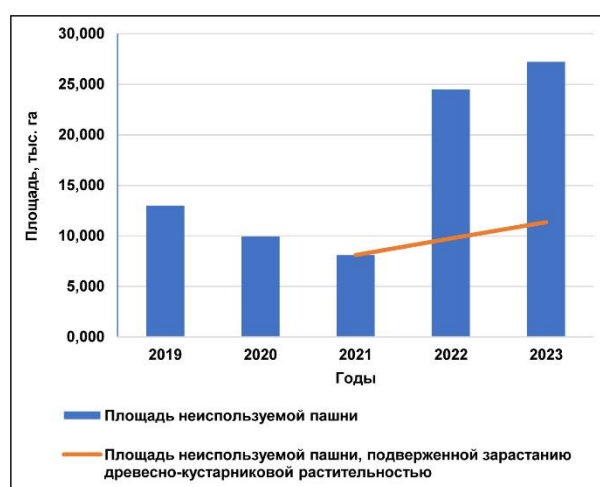
С 2021 г., в связи с принятием Доктрины продовольственной безопасности РФ, Министерством сельского хозяйства РФ стал осуществляться учет площади неиспользуемой пашни, подверженной заращению древесно-кустарниковой растительностью [5, 8]. Согласно статистическим данным, значения этого показателя постоянно увеличивались на территории Курской и Тамбовской областей и на 01.01.2024 составили 11,354 тыс. га и 3,385 тыс. га соответственно. В Воронежской и Липецкой областях в 2023 г. рассматриваемый показатель достигал 2,787 тыс. га и 2,042 тыс. га. В Белгородской области динамика стабильна и эти цифры остаются в пределах 1,704 тыс. га (см. рис.).



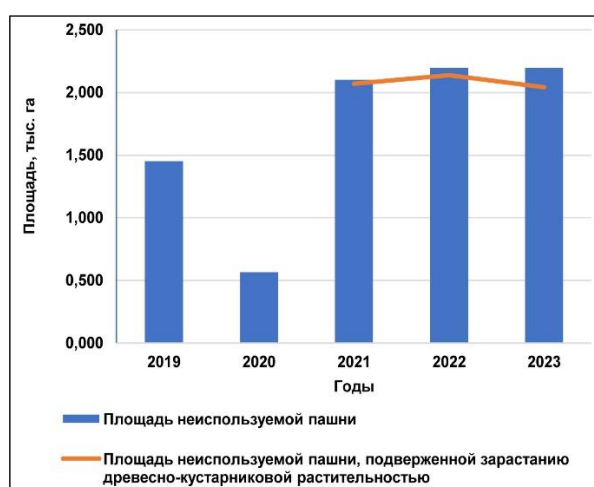
а



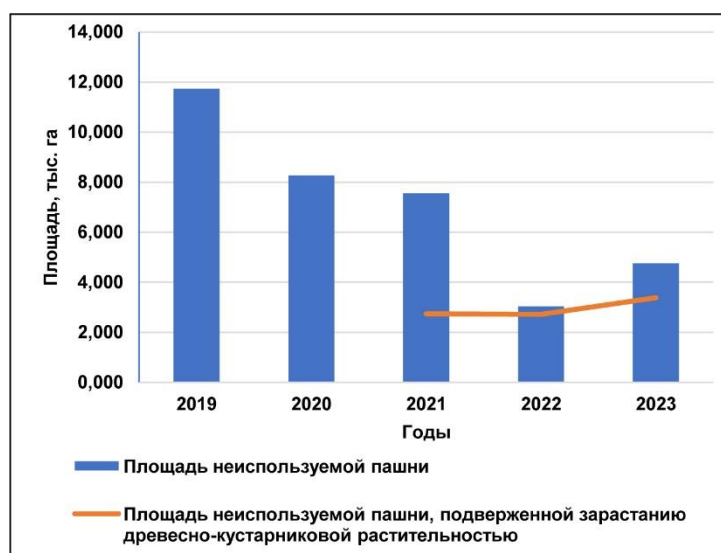
б



в



г



д

**Площадь неиспользуемой пашни в Центрально-Черноземном экономическом районе (в том числе подверженной зарастанию древесно-кустарниковой растительностью) по данным за 2019–2023 гг., тыс. га: а – Белгородская область, б – Воронежская область, в – Курская область, г – Липецкая область, д – Тамбовская область**

Источник: составлено авторами по данным [2].

**Заключение**

Результаты проведенного исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Статистические данные по Центрально-Черноземному экономическому району за 2019–2023 гг. подтверждают устойчивую динамику сокращения площади земель сельскохозяйственного назначения при одновременном росте площади земель лесного фонда, что частично является следствием перевода заросших продуктивных угодий в иную категорию.

2. Выявлена значительная межрегиональная дифференциация. Если в Воронежской, Курской и Липецкой областях отмечается положительная динамика по сокращению площади не востребуемых земельных долей, то в Белгородской и Тамбовской областях этот показатель растет. Аналогичная разнонаправленная динамика наблюдается и в отношении площади неиспользуемой пашни, подверженной зарастанию древесно-кустарниковой растительностью.

Таким образом, наличие заросших сельскохозяйственных угодий говорит о недостатках в системе государственного контроля и мониторинга состояния земельных ресурсов, а также об отсутствии методов экономического стимулирования по их вовлечению в хозяйственный оборот. Пути решения данной проблемы лежат в развитии механизмов консолидации собственников земельных долей, создании программ по вовлечению неиспользуемых земель в оборот и усилении межведомственного взаимодействия для учета качественного состояния угодий.

---

**Список источников**

1. Волков С.Н., Краснянская Е.В. Организация рационального использования земель сельскохозяйственного назначения в Российской Федерации и необходимость её землеустроительного обеспечения // Международный журнал аграрной науки и образования. 2025. № 1(5). С. 102–109.
2. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения [Электронный ресурс] // Россельхозземмониторинг. Официальный сайт. URL: <https://rshzm.ru/report/> (дата обращения: 17.12.2025).
3. Калмамаев Н., Зотова К.Ю., Зотова Д.Г. Влияние сельскохозяйственного производства на состояние используемых в производстве земель // Теория и практика инновационных технологий в АПК: материалы национальной научно-практической конференции (Воронеж, 01 апреля – 31 мая 2025 г.). Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2025. Ч. 3. С. 82–85.
4. Комов Н.В. Особый статус сельскохозяйственной земли в обеспечении комплексного развития сельских территорий // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2025. Т. 20, № 4(243). С. 198–201. DOI: 10.33920/sel-04-2504-01.
5. Липски С.А. Анализ причин принятия Госпрограммы вовлечения в оборот заброшенных земель и хода ее реализации // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2025. Т. 20, № 1(240). С. 24–31. DOI: 10.33920/sel-04-2501-02.
6. Недикова Е.В., Алехин А.С., Яньшин А.С. Анализ проблем консервации земель как метода восстановления почвенного плодородия // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). 2025. № 2(21). С. 51–55.
7. О признаках неиспользования земельных участков из земель сельскохозяйственного назначения по целевому назначению или использования с нарушением законодательства Российской Федерации: Постановление Правительства РФ от 18.09.2020 № 1482 [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/74664078/> (дата обращения: 17.12.2025).
8. Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации от 21.01.2020 № 20 (ред. от 10.03.2025) [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/73438425/> (дата обращения: 17.12.2025).
9. Рыжова И.С., Рогатнев Ю.М. Неиспользование земель – комплексная проблема современного сельского хозяйства // Актуальные вопросы землеустройства, кадастров и геодезии: материалы Национального (Всероссийского) научно-практического семинара (Санкт-Петербург, 20–21 февраля 2025 г.). Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2025. С. 46–54.
10. Федеральная статистика по земельному фонду РФ и ее субъектов [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии: официальный сайт. URL: <http://www.rosreestr.ru/> (дата обращения: 17.12.2025).

11. 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. DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2025\_1\_190.
12. Черных М.А., Запорожцева Л.А., Шамрина И.В. Разработка сценариев использования земель с целью повышения эффективности сельскохозяйственного производства // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 1(76). С. 128–142. DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2023\_1\_128.

## References

1. Volkov S.N., Krasnyanskaya E.V. Efficient farmland use implementation in the Russian Federation and the need for land surveying. *International Journal of Agrarian Science and Education*. 2025;1(5):102-109. (In Russ.).
2. Report on the condition and use of agricultural lands. Rosselkhoz nadzor Monitoring. Official Website. URL: <https://rshzm.ru/report/>. (In Russ.).
3. Kalmamat N., Zotova K.Yu., Zotova D.G. The impact of agricultural production on the condition of the lands used in production. In: Theory and Practice of Innovative Technologies in Agriculture: Proceedings of the National Research-to-Practice Conference (Voronezh, April 1 – May 31, 2025). Voronezh: Voronezh State Agrarian University Publishers. 2025;3:82-85. (In Russ.).
4. Komov N.V. The special status of agricultural land in the integrated development of rural areas. *Land Management, Monitoring and Cadastre*. 2025;20(4):198-201. DOI: 10.33920/sel-04-2504-01. (In Russ.).
5. Lipski S.A. The State Program for Involving Abandoned Lands into Circulation and the progress of its implementation. *Land Management, Monitoring and Cadastre*. 2025;20,1(240):24-31. DOI: 10.33920/sel-04-2501-02. (In Russ.).
6. Nedikova E.V., Alekhin A.S., Yanshin A.S. Analysis of the problems of land conservation as a method of restoring soil fertility. *Environmental Management Models and Technologies. (Regional Aspect)*. 2025;2(21):51-55. (In Russ.).
7. On signs of non-use of land plots from agricultural lands for their intended purpose or of the use in violation of the legislation of the Russian Federation: Decree of the Government of the Russian Federation of September 18, 2020, No. 1482. URL: <https://base.garant.ru/74664078/>. (In Russ.).
8. On the approval of the Food Security Doctrine of the Russian Federation (as amended on March 10, 2025): Decree of the President of the Russian Federation of January 21, 2020, No. 20. URL: <https://base.garant.ru/73438425/>. (In Russ.).
9. Ryzhova I.S., Rogatnev Yu.M. Non-use of land is a complex problem of modern agriculture. In: Current issues of land management, cadastre and geodesy: Proceedings of the National (All-Russian) Research-to-Practice Seminar (St. Petersburg, February 20-21, 2025). Saint Petersburg: Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering; 2025:46-54. (In Russ.).
10. Federal statistics on the land fund of the Russian Federation and its subjects. Federal Service for State Registration, Cadastre and Cartography: Official Website. URL: <http://www.rosreestr.ru/>. (In Russ.).
11. Khametov T.I., Shindyapin M.V. Practice of functioning of the Integrated Federal Information System on Agricultural Lands. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2025;18(1):190-199. DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2025\_1\_190-199. (In Russ.).
12. Chernykh M.A., Zaporozhtseva L.A., Shamrina I.V. Development of land use scenarios to improve the efficiency of agricultural production. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(1):128-142. DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2023\_1\_128-142. (In Russ.).

## Информация об авторах

Е.В. Недикова – доктор экономических наук, доцент, зав. кафедрой землеустройства и ландшафтного проектирования ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [nedicova@yandex.ru](mailto:nedicova@yandex.ru).

А.С. Яншин – ассистент кафедры землеустройства и ландшафтного проектирования ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [alesha.janshin@bk.ru](mailto:alesha.janshin@bk.ru).

## Information about the authors

E.V. Nedikova, Doctor of Economic Sciences, Docent, Head of the Dept. of Land Management and Landscape Design, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [nedicova@yandex.ru](mailto:nedicova@yandex.ru).

A.S. Yanshin, Assistant, the Dept. of Land Management and Landscape Design, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [alesha.janshin@bk.ru](mailto:alesha.janshin@bk.ru)

Статья поступила в редакцию 03.03.2026; одобрена после рецензирования 28.03.2026; принята к публикации 04.04.2026.

The article was submitted 03.03.2026; approved after reviewing 28.03.2026; accepted for publication 04.04.2026.

© Недикова Е.В., Яншин А.С., 2026



5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА  
(ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 658.15:631.1

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2026\_2\_193

EDN: NUTFWL

**Технико-экономическое обоснование проектирования  
и создания инфраструктурных элементов организации  
территории сельскохозяйственного предприятия**

**Константин Дмитриевич Недиков<sup>1✉</sup>**

<sup>1</sup> Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,  
Воронеж, Россия

<sup>1</sup> nedikovkd@yandex.ru✉

**Аннотация.** При проведении внутрихозяйственного землеустройства создается организационно-территориальная основа ведения аграрного производства за счет внедрения проектных решений, которые учитывают не только экономические, но и экологические аспекты. В процессе анализа деятельности СХА «Маяк» (Эртильский район Воронежской области) выявлено отсутствие проекта создания инфраструктурных элементов – защитных лесных полос, которые являются основой ведения современного земледелия. Запроектированный комплекс защитных лесных полос обеспечит надежную защиту сельскохозяйственных культур от неблагоприятных природных явлений. Степень защищенности территории севооборотов от вредоносных ветров до проектных мероприятий составляла 0,54, и это при том, что существующие лесные полосы располагались на площади 18,5 га и защищали 54% территории пашни. По итогам реализации разработанного проекта облесенность существенно возрастет – с 2,1 до 3,8%, что позволит обеспечить надежную защиту полей. Потенциально защищенная площадь увеличится до 386,0 га, следовательно, будет получена дополнительная растениеводческая продукция. По прогнозным расчетам стоимость дополнительной продукции составит 3652,4 тыс. руб., капитальные затраты на создание лесонасаждений – 1570,1 тыс. руб., дополнительный ежегодный доход от реализации продукции – 2425,7 тыс. руб. в год, издержки, связанные с получением дополнительной продукции, – 1226,7 тыс. руб., при этом при расчете ожидаемого экономического эффекта учитывали только влияние полезащитных лесных полос. Срок окупаемости проекта – 9 лет. Данная система мероприятий по проектированию и созданию инфраструктурных элементов организации территории позволит обеспечить необходимые условия для ведения современного земледелия, снизить влияние негативных природных процессов, увеличить урожайность сельскохозяйственных культур и, как следствие, повысить экономическую эффективность сельскохозяйственного производства.

**Ключевые слова:** экономическая эффективность, землеустройство, инфраструктурные элементы, лесные полосы, технико-экономическое обоснование

**Для цитирования:** Недиков К.Д. Технико-экономическое обоснование проектирования и создания инфраструктурных элементов организации территории сельскохозяйственного предприятия // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, № 2(89). С. 193–199. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_193](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_193)–199.

5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS  
(ECONOMIC SCIENCES)

Original article

**Feasibility study of the design and creation of infrastructural  
elements of territorial arrangement of an agricultural enterprise**

**Konstantin D. Nedikov<sup>1✉</sup>**

<sup>1</sup> Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

<sup>1</sup> nedikovkd@yandex.ru✉

**Abstract.** When conducting on-farm land management, an organizational and territorial basis for agricultural production is created through the introduction of design solutions that take into account not only economic but also environmental aspects. In the process of analyzing the activities of the Mayak Farm Artel (Ertilsky District, Voronezh Oblast), the absence of a project for the creation of such infrastructural elements as protective forest belts, which are the basis for modern agriculture, has been revealed. The designed complex of protective forest strips will ensure reliable protection of crops from adverse natural phenomena. The degree of protection of the crop rotation area from

harmful winds before the design measures was 0.54, and this despite the fact that the existing forest strips were located on an area of 18.5 hectares and protected 54% of the arable land. As a result of the implementation of the developed project, afforestation will increase significantly, i.e. from 2.1% to 3.8%, which will ensure reliable protection of fields. The potentially protected area will increase to 386.0 hectares, therefore, additional crop production will be obtained. According to the forecast calculations, the cost of additional products will amount to 3652.4 thousand rubles, capital expenditures for the creation of forest plantations, additional annual income from the sale of products and the costs associated with obtaining additional products will reach 1570.1 thousand rubles, 2425.7 thousand rubles per year and 1226.7 thousand rubles, respectively, while at calculating the expected economic effect, only the impact of protective forest strips was taken into account. The payback period of the project is 9 years. This system of measures for the design and creation of infrastructural elements of territorial arrangement will create the necessary conditions for modern agriculture, reduce the impact of negative natural processes, increase crop yields and, as a result, increase the economic efficiency of agricultural production.

**Keywords:** economic efficiency, land management, infrastructure elements, protective forest belts, feasibility study

**For citation:** Nedikov K.D. Feasibility study of the design and creation of infrastructural elements of territorial arrangement of an agricultural enterprise. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(2):193-199. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_193-199](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_193-199).

При проведении внутрихозяйственного землеустройства создается организационно-территориальная основа ведения сельскохозяйственного производства за счет внедрения проектных решений, которые учитывают не только экономические, но и экологические аспекты. Конструктивную (инженерную) основу этой системы формируют инфраструктурные элементы, в частности защитные лесные полосы, размещение которых является обязательным требованием для создания сбалансированной и эффективной системы землепользования. По мнению экспертов, их размещение и параметры напрямую влияют на эффективность и устойчивость хозяйственной деятельности.

Еще в 1892 г. вышла в свет знаменитая программная работа В.В. Докучаева «Наши степи прежде и теперь». Подводя итоги сложившимся к тому времени представлениям о природе степей, В.В. Докучаев сформулировал широкомасштабную программу конкретных и научно обоснованных мер по охране почв, борьбе с засухой, ведению земледелия и стабилизации сельского хозяйства в Черноземной зоне. В этой программе выдающийся ученый практически заложил общие основы современного адаптивно-ландшафтного подхода и научной оптимизации агроландшафтов, предусмотрев:

- научную организацию территории с учетом ее ландшафтной морфогенетической структуры;
- разработку и повсеместное внедрение противоэрозионных мероприятий;
- создание системы мелиоративных водоемов;
- широкое распространение лесомелиорации;
- развитие экологической селекции и генетики, адаптивного семеноводства и животноводства.

При комплексном характере этого плана его краеугольным камнем были охрана и улучшение почв как зеркала ландшафта и основы адаптивно-ландшафтного земледелия [6].

В настоящее время, опираясь на уникальный эксперимент в Каменной Степи, не имеющий аналогов в мире, сотрудники различных НИИ и вузов, развивая учение В.В. Докучаева о комплексном экологическом подходе к решению проблем повышения плодородия почв, борьбе с засухой [12–14], создали цикл прикладных и фундаментальных работ, определивший методологию разработки и освоения новых адаптивно-ландшафтных систем земледелия, наукоемких агротехнологий и их элементов, которые отвечают уровню и тенденциям развития отечественного агропроизводства.

По результатам проведенных исследований ученые Воронежского государственного аграрного университета сформулировали выводы, что при размещении инфраструктурных элементов, а именно полезащитных и стокорегулирующих лесных полос,

следует создавать экологически однородные участки с детальным учетом почвенных и агроландшафтных условий территории [6, 7, 9, 11]. При этом границы пахотных контуров должны формироваться в зависимости от поперечного и продольного профилей склонов. Следовательно, организация территории, которая классифицируется как равнинная, будет прямолинейной, склоновая – контурной.

М.И. Лопырев на основании 30-летнего опыта исследований и апробации делает вывод, что современные системы земледелия и землеустройства слабо согласуются с природными закономерностями, элементы организации территории не «вписываются» в уже существующий агроландшафт, поэтому проектируемые защитные землеустроительные мероприятия оказываются малоэффективными, а эрозия почв и другие антропогенные процессы продолжают развиваться. По мнению ученого, при формировании новых систем земледелия должны решаться две задачи в комплексе: первая – сельскохозяйственные культуры следует выращивать на адаптивной основе; вторая – устройство (конструирование) агроландшафтов должно реализовываться методами традиционного землеустройства [6].

Как уже отмечалось выше, организационно-территориальным базисом современного земледелия являются инфраструктурные элементы – защитные лесополосы. Именно они улучшают микроклимат, регулируют снегораспределение и повышают влажность почв [5, 9, 10, 11]. Защитные лесополосы имеют широкий спектр действия. Их научно обоснованное размещение по территории оказывает влияние на повышение продуктивности угодий при ведении сельскохозяйственного производства. Защитные лесополосы следует проектировать в тесной увязке с технологическими процессами обработки почвы. При проектировании лесных полос на сложных склонах в разы возрастает их почвозащитная роль. Многие ученые считают, что стокорегулирующая роль лесополос находится в прямой зависимости от их ширины [9].

Особое внимание при территориальной организации пашни следует обращать на природно-территориальные особенности почв – механический состав, уровень грунтовых вод, угол наклона местности. В.Д. Постолов [9] считает, что именно при контурной обработке детально учитываются почвы и рельеф каждого пахотнопригодного участка. Вписываясь в ложбинистый рельеф водосборов пашни, проектируемые инфраструктурные элементы формируют условия для ведения современных систем земледелия. Контурная организация инфраструктурных элементов образует зачастую вытянутые в направлении горизонталей экологически однородные участки с оптимальными длинами гонов.

Защитные лесные полосы улучшают микроклимат на полях, тем самым обеспечивают высокую экономическую эффективность сельскохозяйственного производства на основе роста урожайности сельскохозяйственных культур [3, 5].

Исторически важное исследование, проведенное В.В. Докучаевым в Каменной Степи, доказало на практике, что полезащитные лесополосы снижают скорость вредоносного ветра, обеспечивают равномерное распределение снежных масс на пахотных массивах, при этом происходит повышение абсолютной и относительной влажности почвы и в целом стабилизация экологической ситуации на пахотной территории сельскохозяйственного предприятия [1, 3].

Проектирование инфраструктурных элементов – защитных лесных и кустарниковых полос представляет собой сложный процесс, который требует комплексного подхода и основан на следующих принципиальных положениях:

- 1) соответствие целевому назначению;
- 2) учет природных условий территории (ландшафтно-экологический подход), внешних факторов и рисков;
- 3) интеграция организационно-хозяйственных, агротехнических и гидротехнических мероприятий;

4) взаимоувязанность территории и производства сельскохозяйственного предприятия, последовательное проектирование от водораздела до тальвега;

5) экономичность, получение максимальной эффективности от проектируемых защитных лесонасаждений.

При проектировании и создании инфраструктурных элементов организации территории (системы лесных полос) сельскохозяйственного предприятия необходимо учитывать все природно-климатические условия и орографические особенности рельефа, так как игнорирование этих факторов может усилить процессы водной эрозии и привести к деградации почв, а также снизить плодородие и в конечном итоге привести к падению экономической эффективности земледелия в целом.

В процессе анализа организационно-территориальных условий деятельности сельскохозяйственной артели «Маяк», расположенной на территории Эртильского района Воронежской области (основной вид деятельности – выращивание зерновых культур), выявлено отсутствие проекта создания инфраструктурных элементов – защитных лесных полос, которые, в свою очередь, являются основой ведения современного земледелия. Первоначально система существующих лесных полос защищала лишь 480 га земли (54% от всей площади), а облесенность составляла 2,1%. Существующая система защитных лесных полос не обеспечивала полную защиту земель от негативных природных явлений (засухи, суховеи, дефляции) и, как следствие, получение дополнительной продукции растениеводства.

Защитные лесные полосы являются базисными линейными элементами организации территории, дают возможность осуществления агроприемов в строгом соответствии с особенностями рельефа. Рельеф СХА «Маяк» ярко выраженный, поэтому при проектировании лесных полос необходимо учитывать все природно-климатические особенности территории. На пахотных угодьях хозяйства защитные лесные полосы запроектированы на площади 14,1 га, в том числе:

- полезащитные основные лесные полосы – 8,9 га;
- полезащитные вспомогательные лесные полосы – 2,2 га;
- стокорегулирующие лесные полосы – 3,0 га.

Общая протяженность лесных полос составит 13 776 метров.

Стокорегулирующие лесные полосы предполагается размещать на склонах выше 1,5 градуса. Благодаря данному виду лесных полос снег будет полностью задерживаться на полях, равномерно распределяться и, следовательно, промерзание почвы резко сократится.

Технико-экономическое обоснование проектирования и создания инфраструктурных элементов организации территории в комплексе со всеми звеньями системы земледелия призвано обеспечить надежную защиту почв от эрозии (ветровой, водной), засух. Экологическая устойчивость насаждений, их долговечность и, как следствие, экономическая эффективность лесных полос зависят от правильного подбора древесных пород и кустарников, а также их оптимального смешения. Схемы смешения пород подбирались исходя из почвенных условий хозяйства, назначения защитных лесных полос (табл. 1).

**Таблица 1. Схемы смешения и виды защитных лесных насаждений по проекту**

| № схемы | Вид защитных лесных насаждений              | Схемы смешения                                                                     | Кол-во рядов | Ширина, м |
|---------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------|
| 2       | Полезащитные лесные полосы, основные        | Б <sub>п</sub> – Б <sub>п</sub> – Б <sub>п</sub> – Б <sub>п</sub>                  | 4            | 10,0      |
| 3       | Полезащитные лесные полосы, вспомогательные | Б <sub>п</sub> – Б <sub>п</sub> – Б <sub>п</sub>                                   | 3            | 7,5       |
| 12      | Стокорегулирующие лесные полосы             | Б <sub>п</sub> – Б <sub>п</sub> – Б <sub>п</sub> – Б <sub>п</sub> – Б <sub>п</sub> | 5            | 12,5      |

Источник: составлено автором с использованием данных [9].

Данные, отражающие такие показатели, как стоимость и объемы работ по созданию лесных полос, представлены в таблице 2.

**Таблица 2. Стоимость и объемы работ по созданию защитных лесных полос в соответствии с проектом для СХА «Маяк»**

| Наименование мероприятия                   | Ед. изм. | Объем работ | Сметная стоимость, тыс. руб. |        |
|--------------------------------------------|----------|-------------|------------------------------|--------|
|                                            |          |             | 1 га                         | Всего  |
| Создание защитных лесонасаждений           | га       | 14,1        |                              | 1570,1 |
| Полезащитные основные лесные полосы        | га       | 8,9         | 108,6                        | 966,5  |
| Полезащитные вспомогательные лесные полосы | га       | 2,2         | 104,2                        | 229,2  |
| Стокорегулирующие лесные полосы            | га       | 3,0         | 124,8                        | 374,4  |

Источник: составлено автором по данным разработанного проекта.

Расчет потребности в посадочном материале для создания лесных полос на территории сельскохозяйственного предприятия выполнен в соответствии с принятыми схемами размещения древесно-кустарниковых пород. При этом учитывались объемы работ и нормы расходов посадочного материала на 1 га, а для страховки проектируемых насаждения (их приживаемости) расчетное количество высаживаемого посадочного материала увеличивали на 15%. Таким образом, итоговая потребность стандартных семян березы повислой составила 64,86 тыс. шт. Сроки осуществления запроектированных мероприятий показаны в таблице 3.

**Таблица 3. Сроки осуществления запроектированных мероприятий на территории сельскохозяйственного предприятия**

| Виды лесных полос                          | Всего, га | В том числе по годам |      |      |      |      |
|--------------------------------------------|-----------|----------------------|------|------|------|------|
|                                            |           | 2026                 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| Полезащитные основные лесные полосы        | 8,9       |                      | 3,9  | 5,0  |      |      |
| Полезащитные вспомогательные лесные полосы | 2,2       | 2,2                  |      |      |      |      |
| Стокорегулирующие лесные полосы            | 3,0       |                      |      |      | 2,0  | 1,0  |
| Итого                                      | 14,1      | 2,2                  | 3,9  | 5,0  | 2,0  | 1,0  |

Источник: составлено автором по данным разработанного проекта.

Запроектированный комплекс защитных лесных полос на территории СХА «Маяк» призван обеспечить надежную защиту сельскохозяйственных культур от неблагоприятных природных явлений и, как следствие, способствовать повышению урожайности. Степень защищенности сельскохозяйственных угодий от вредоносных ветров до начала реализации проектных мероприятий составляла 0,54, и это при том, что существующие лесные полосы располагались на площади 18,5 га, а защищали лишь 54% территории пашни.

По итогам реализации разработанного проекта создания защитных лесных полос облесенность существенно возрастет – с 2,1 до 3,8%, что позволит обеспечить надежную защиту полей. Потенциально защищенная площадь увеличится до 386,0 га, следовательно, будет получена дополнительная растениеводческая продукция.

По прогнозным расчетам:

- стоимость дополнительной продукции составит 3652,4 тыс. руб.;
- капитальные затраты на создание лесонасаждений – 1570,1 тыс. руб.;
- дополнительный ежегодный доход от реализации продукции – 2425,7 тыс. руб.

в год;

- издержки, связанные с получением дополнительной продукции, – 1226,7 тыс. руб.

При этом при расчете ожидаемого экономического эффекта учитывали только влияние полевых защитных лесных полос. Срок окупаемости проекта – 9 лет.

**Таблица 4. Экономическая эффективность создания защитных лесных полос**

| Показатели                                       | Ед. изм.  | По проекту |
|--------------------------------------------------|-----------|------------|
| Площадь пашни по проекту                         | га        | 865,8      |
| Площадь проектируемых лесных полос               | га        | 14,1       |
| Защищенная площадь пашни                         | га        | 386,0      |
| Стоимость дополнительной продукции               | тыс. руб. | 3652,4     |
| Капитальные затраты на создание лесных полос     | тыс. руб. | 1570,1     |
| Дополнительные затраты и потери                  | тыс. руб. | 1226,7     |
| - недобор продукции с площади под лесополосами   | тыс. руб. | 807,4      |
| - затраты на уборку, обработку и транспортировку | тыс. руб. | 365,1      |
| - затраты на обслуживание лесных полос           | тыс. руб. | 54,2       |
| Дополнительный ежегодный доход                   | тыс. руб. | 2425,7     |
| Срок окупаемости                                 | лет       | 9          |
| Облесенность пашни                               | %         | 3,8        |

Источник: рассчитано автором по данным разработанного проекта.

Вышеприведенные показатели свидетельствуют о том, что запроектированная система землеустроительных мероприятий на территории СХА «Маяк» позволит создать необходимые организационно-территориальные условия для ведения современного земледелия, а также повысить эффективность сельскохозяйственного производства.

#### Список источников

1. Докучаев В.В. Наши степи прежде и теперь (Почвоведческий очерк). 2-е изд. Москва: Сельхозгиз, 1953. 152 с..
2. Заславский М. Н. Эрозиоведение: учебник для географических и почвенных специальностей вузов. Москва: Высшая школа, 1983. 320 с.
3. Каталог проектов агроландшафтов и земледелие (сохранение плодородия почв, территориальная организация систем земледелия, устойчивость к изменению климата): учебное пособие; под ред. М.И. Лопырева. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2013. 183 с.
4. Козменко А.С. Борьба с эрозией почв. 2-е изд. Москва: Сельхозгиз, 1949. 160 с.
5. Лобойко В.Ф., Сарычев А.Н., Вдовенко А.В. Эффективность лесных полос в засушливых условиях Волгоградской области // Экологические проблемы развития агроландшафтов и способы повышения их продуктивности: сборник статей по материалам Международной научной экологической конференции (Краснодар, 27–29 марта 2018 г.). Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2018. С. 453–456.
6. Лопырев М.И., Линкина А.В. Модернизация систем земледелия на эколого-ландшафтной основе // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2012. № 3(34). С. 49–56.
7. Недикова Е.В., Чечин Д.И., Зотова К.Ю. Экономическое обоснование мероприятий по вовлечению неиспользуемых эродированных земель в сельскохозяйственный оборот с целью организации адаптивного земледелия // Регион: системы, экономика, управление. 2022. № 2 (57). С. 108–113. DOI: 10.22394/1997-4469-2022-57-2-108-113.
8. Петелько А.И. Защитные насаждения в Орловской области // Вестник АПК Ставрополя. 2016. № 1(21). С. 230–233.

9. Постолов В.Д., Кругляк В.В. Проектирование системы защитных лесных насаждений, их виды, разновидности и конструкции // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). 2021. № 2(13). С. 7–11.
10. Сыпок С.И., Ухалина О.В., Горячева А.В. и др. Передовые практики комплексного развития сельских территорий: аналитический обзор. Москва: Росинформагротех, 2022. 128 с.
11. Чечин Д.И., Недикова Е.В., Краснянская Е.В. Совершенствование лесомелиоративного устройства пахотных земель // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2022. № 10. С. 15–19. DOI: 10.33920/sel-04-2210-02.
12. Glinka K.D. Dokuchaev's ideas in the development of pedology and cognate sciences. Vol. 1. Russian pedological investigations. Leningrad: Academy of Sciences of the USSR, 1927. 32 p.
13. Moon D. The environmental history of the Russian steppes: Vasily Dokuchaev and the harvest failure of 1891 // Transaction of the Royal Historical Society. Ser. 6. 2005. Vol. 15. Pp. 149–174. DOI: 10.1017/S0080440105000320.
14. Simonson R.W. Early teaching in USA of Dokuchaev factors of soil formation // Soil Science Society American Journal. 1997. Vol. 61(1). Pp. 11–16.

### References

1. Dokuchaev V.V. Our steppes before and now (A soil science essay). 2nd edition. Moscow: Selkhozgiz Publishers; 1953. 152 p. (In Russ.).
2. Zaslavsky M.N. Erosion studies: textbook for geographical and soil specialties of universities. Moscow: Vysshaya Shkola Publishers; 1983. 320 p. (In Russ.).
3. Catalog of projects of agrolandscapes and agriculture (preservation of soil fertility, territorial organization of agricultural systems, resistance to climate change): textbook; edited by M.I. Lopyrev. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Publishers; 2013. 183 p. (In Russ.).
4. Kozmenko A.S. Soil erosion control. 2nd edition. Moscow: Selkhozgiz Publishers; 1949. 160 p. (In Russ.).
5. Loboyko V.F., Sarychev A.N., Vdovenko A.V. The effectiveness of shelterbelts in arid conditions of Volgograd Region. In: Environmental Problems of Agricultural Landscapes Development and Methods of Increasing Their Productivity: Proceedings of the International Scientific Environmental Conference (Krasnodar, March 27-29, 2018). Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin Publishers; 2018:453-456. (In Russ.).
6. Lopyrev M.I., Linkina A.V. Modernization of farming systems on the ecological and landscape basis. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2012;3(34):49-56. (In Russ.).
7. Nedikova E.V., Chechin D.I., Zotova K.Yu. Economic justification of measures to involve unused eroded lands in agricultural turnover with the purpose of organizing adaptive farming. *Region: systems, economics, management*. 2022;2(57):108-113. DOI: 10.22394/1997-4469-2022-57-2-108-113. (In Russ.).
8. Petelko A.I. Protective afforestation in Orel Oblast. *Agricultural Bulletin of Stavropol Region*. 2016;1(21):230-233. (In Russ.).
9. Postolov V.D., Kruglyak V.V. Design of a protective forest plant systems, their types, varieties and constructions. *Environmental Management Models and Technologies. (Regional Aspect)*. 2021;2(13):7-11. (In Russ.).
10. Sybok S.I., Ukhulina O.V., Goryacheva A.V. et al. Advanced practices for the integrated development of rural areas: analytical review. Moscow: Rosinformagrotekh Publishers; 2022. 128 p. (In Russ.).
11. Chechin D.I., Nedikova E.V., Krasnyanskaya E.V. Improvement of forest reclamation of arable lands. *Land Management, Cadastre, and Land Monitoring*. 2022;10:15-19. DOI: 10.33920/sel-04-2210-02. (In Russ.).
12. Glinka K.D. Dokuchaev's ideas in the development of pedology and cognate sciences. Vol. 1. Russian pedological investigations. Leningrad: Academy of Sciences of the USSR; 1927. 32 p.
13. Moon D. The environmental history of the Russian steppes: Vasily Dokuchaev and the harvest failure of 1891. *Transaction of the Royal Historical Society. Ser. 6*. 2005;15:149-174. DOI: 10.1017/S0080440105000320.
14. Simonson R.W. Early teaching in USA of Dokuchaev factors of soil formation. *Soil Science Society American Journal*. 1997;61(1):11-16.

### Информация об авторе

К.Д. Недиков – кандидат экономических наук, доцент кафедры землеустройства и ландшафтного проектирования ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», nedikovkd@yandex.ru.

### Information about the author

K.D. Nedikov, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Land Management and Landscape Design, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, nedikovkd@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 15.02.2026; одобрена после рецензирования 23.03.2026; принята к публикации 10.04.2026.

The article was submitted 15.02.2026; approved after reviewing 23.03.2026; accepted for publication 10.04.2026.

© Недиков К.Д., 2026

5.2.4. ФИНАНСЫ  
(ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 336.6

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2026\_2\_200

EDN: PHPSRH

**Особенности формирования основного капитала в аграрном  
секторе экономики России в современных условиях**

**Арина Андреевна Улезько<sup>1✉</sup>, Никита Витальевич Маслов<sup>2</sup>,  
Антон Александрович Копиев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> ООО Группа компаний «Мотор Ленд», Воронеж, Россия

<sup>2,3</sup> Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,  
Воронеж, Россия

<sup>1</sup> Arinaulezko@gmail.com✉

**Аннотация.** Представлен анализ формирования основного капитала (ОК) в аграрном секторе экономики России в современных условиях как важнейшего критерия технической оснащенности предприятия, его конкурентоспособности. Показана высокая значимость ОК для развития предпринимательской деятельности хозяйствующих субъектов РФ, представлена динамика его стоимости в целом по экономике, а также по отраслям. Рассмотрена отраслевая специфика ОК, воспроизводство которого имеет ряд особенностей в отрасли сельского хозяйства. Выявлена специфика собственных источников формирования ОК сельскохозяйственных предприятий. Выделены отдельные группы рисков субъектов аграрного бизнеса, возникающие на современном этапе, которые могут негативно влиять на результаты производства в сельскохозяйственном секторе экономики, а также на развитие сельских территорий. Особенности и риски сельскохозяйственной отрасли определяют необходимость использования краткосрочных кредитов, которые должны выдаваться на условиях срочности, платности, возвратности и обеспеченности. Показано значение ОК в условиях предоставления банками краткосрочных кредитов хозяйствующим субъектам, который, в овеществленной форме, является единственным залоговым инструментом. При этом ОК в сельском хозяйстве может быть представлен как низколиквидными основными средствами (здания животноводческих ферм, комплексов, специальная техника), которые сложно переориентировать на другие виды производства, так и многолетними насаждениями (сады, виноградники), которые в принципе не могут быть репрофилированы. Обозначенная проблема формирования ОК в сельском хозяйстве на современном этапе не может быть решена без помощи государства и частных вложений. Учитывая вывод иностранного капитала из экономики России, в том числе из сельского хозяйства, рост ОК в сельскохозяйственном производстве возможен за счет капитала отечественных инвесторов, которые могут быть представлены финансово устойчивыми агрохолдингами и предприятиями иных отраслей экономики.

**Ключевые слова:** хозяйствующие субъекты РФ, основной капитал, стоимость основного капитала, основные средства, структура пассива баланса, группы рисков субъектов аграрного бизнеса, агрохолдинг, кредитование сельскохозяйственных предприятий

**Для цитирования:** Улезько А.А., Маслов Н.В., Копиев А.А. Особенности формирования основного капитала в аграрном секторе экономики России в современных условиях // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, № 2(89). С. 200–211. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_200](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_200)–211.

5.2.4. FINANCE  
(ECONOMIC SCIENCES)

Original article

**Features of the formation of fixed capital in the agricultural  
sector of the Russian economy in modern conditions**

**Arina A. Ulez'ko<sup>1✉</sup>, Nikita V. Maslov<sup>2</sup>, Anton A. Kopiev<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Motor Land Group of Companies, Voronezh, Russia

<sup>2,3</sup> Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

<sup>1</sup> Arinaulezko@gmail.com✉

**Abstract.** The authors present an analysis of the formation of fixed capital (FC) in the agricultural sector of the Russian economy in modern conditions as the most important criterion for the technical equipment of an enterprise and its competitiveness. The high importance of fixed capital for the development of entrepreneurial activity of economic entities of the Russian Federation is shown, and the dynamics of its value in the economy as



a whole, as well as by industry, is presented. The authors consider the industry specifics of fixed capital, the reproduction of which has a number of features in agricultural production. The specific features of the own sources of formation of fixed capital of agricultural enterprises are revealed. There are separate groups of risks of agricultural business entities that arise at the present stage, which can negatively affect the results of production in the agricultural sector, as well as the development of rural areas. The specifics and risks of the agricultural sector determine the need to use short-term loans, which must be issued on terms of fixed schedule of repayment, payment of reasonable interest, recoverability and security. It shows the value of fixed capital in terms of banks providing short-term loans to business entities, which, in its materialized form, is the only secured instrument. At the same time, fixed capital in agriculture can be represented both by low-liquid fixed assets (buildings of livestock farms, complexes, special equipment), which are difficult to reorient to other types of production, and by perennial plantings (orchards, vineyards), which in principle cannot be repurposed. The outlined problem of fixed capital formation in agriculture at the present stage cannot be solved without the help of the state and private investments. Given the outflow of foreign investment into the Russian economy and agriculture in particular, the growth of fixed capital in agriculture is possible due to the capital of domestic investors, who can be represented by financially stable agricultural holdings and enterprises in other sectors of national economy.

**Keywords:** economic entities of the Russian Federation, fixed capital, cost of fixed capital, fixed assets, liability structure, risk groups of agricultural business entities, agroholding, lending to agricultural enterprises

**For citation:** Ulez'ko A.A., Maslov N.V., Kopiev A.A. Features of the formation of fixed capital in the agricultural sector of the Russian economy in modern conditions. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(2):200-211. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2026\\_2\\_200-211](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_200-211).

В России отмечается возрастающая зависимость хозяйствующих субъектов как от внешней, так и внутренней финансовой политики государства, на которую существенное влияние оказывают экономические санкции бывших государств-партнеров, а также корректировка приоритетов в структуре расходов федерального и региональных бюджетов. Товаропроизводителям сложно предвидеть даже ближние перспективы своей предпринимательской деятельности, поскольку кардинально меняются конъюнктура рынка и ценовая политика контрагентов на фоне трансформации российского налогового законодательства [7].

В настоящее время ключевыми направлениями государственной экономической политики являются бюджетно-налоговая, инвестиционная и социальная.

Современная бюджетно-налоговая политика государства реализуется через прямое финансирование затрат хозяйствующих субъектов и косвенное воздействие – в виде установления налогов и налоговых льгот.

Прямое финансирование предполагает непосредственное предоставление бюджетных средств на возвратной или безвозвратной основе конкретным бюджетополучателям для частичного или полного покрытия их расходов (субсидии, государственный заказ, финансирование конкретных направлений, например содержание военно-промышленного комплекса, развитие социальной инфраструктуры, науки). Косвенное воздействие реализуется через изменение налоговой системы и предоставление налоговых льгот, что оказывает влияние на экономические процессы не напрямую, а через экономические стимулы (изменение видов налогов, корректировка налоговых ставок, установление налоговых льгот, изменение общего уровня налогообложения, отсрочка/рассрочка налоговых платежей, налоговый и инвестиционный налоговый кредит). Сочетание прямых и косвенных методов позволяет государству гибко регулировать экономику, достигая поставленных целей.

Таким образом, бюджетно-налоговая политика в целом направлена на решение макроэкономических задач с целью поддержания экономического роста, полной занятости населения, стабильности цен и др.

Для комплексной оценки эффективности бюджетно-налоговой политики государства используются такие показатели, как рост ВВП, снижение уровня безработицы, стимулирование инвестиций, сокращение бюджетного дефицита, снижение государственного долга и др. [4]. Применяемые макроэкономические показатели отражают в

основном финансовые потоки, направленные в сторону государства. С другой стороны, хозяйствующие субъекты под влиянием контрольно-надзорной деятельности государства с целью получения дохода развивают свою предпринимательскую деятельность за счет собственных ресурсов, при этом одним из важнейших элементов финансов предприятия является основной капитал.

Основной капитал в экономической литературе определяется по-разному, однако в большинстве своем авторы под основным капиталом понимают денежные средства, вложенные в основные фонды [10]. Основной капитал – это часть активов предприятия, которая в течение продолжительного периода времени участвует в производственном процессе и по мере износа постепенно переносит свою стоимость на себестоимость готовой продукции. К нему относятся здания, сооружения, машины, оборудование, транспортные средства, объекты интеллектуальной собственности и другие виды активов, которые используются для производства товаров, оказания услуг или управленческих нужд.

При этом в сельском хозяйстве основной капитал имеет специфические особенности, поскольку в этой отрасли к нему относятся не только здания, сооружения, машины и оборудование, предназначенные для длительного использования, но и земля, многолетние насаждения, рабочий и продуктивный скот, обеспечивающие непрерывный производственный цикл [9]. Земля как главный объект основных средств и предмет приложения труда имеет существенные отличия от других средств производства, так как не изнашивается и не амортизируется, при правильном использовании может улучшать свои свойства (например, в части повышения плодородия), а также не является объектом, создаваемым человеком.

Основной капитал обладает следующими характеристиками:

- отличается низким уровнем ликвидности;
- переносит свою стоимость на готовую продукцию частями;
- не меняет вещественную форму в процессе функционирования;
- в процессе деятельности может иметь не только физический, но и моральный износ (но период износа более длительный, чем у оборотного капитала);
- возвращается с выручкой постепенно и др.

С финансовой и учетной точек зрения основной капитал представлен внеоборотными активами, нематериальными активами и долгосрочными вложениями.

Оценка наличия основного капитала как важнейшего критерия технической оснащенности предприятия, его конкурентоспособности необходима для анализа динамики развития и эффективности использования активов. В то же время такая оценка является критерием для определения необходимого уровня инвестиций в отрасли экономики как с привлечением частных инвестиций, так и с привлечением государственной поддержки в виде долгосрочных инвестиций со стороны бюджетов всех уровней [11].

Из анализа данных таблицы 1 следует, что самые низкие темпы роста основного капитала отмечены в деятельности гостиниц и предприятий общественного питания (12,4%); в оптовой и розничной торговле, ремонте автотранспортных средств (14,6%); в финансовой и страховой деятельности (16,0%). Наиболее высокие темпы роста основного капитала в исследуемом периоде показали такие отрасли, как деятельность по операциям с недвижимым имуществом (61,0%), деятельность в области здравоохранения и социальных услуг (50,7%), транспортировка и хранение (47,9%). В среднем по РФ прирост наличия основного капитала за рассматриваемые три года составил 23,2%.

Таблица 1. Наличие основного капитала по текущей рыночной стоимости, отражаемой в балансе активов и пассивов по видам экономической деятельности в РФ, млрд руб.

| Наименование отрасли экономики                                                                               | 2020 г.  | 2021 г.  | 2022 г.  | 2023 г.  | Темп прироста (темпы убыли) 2023 г. к 2020 г., % |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|--------------------------------------------------|
| Всего                                                                                                        | 437 927  | 507 755  | 574 534  | 635 898  | 45,2                                             |
| В том числе:                                                                                                 |          |          |          |          |                                                  |
| Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство                                                 | 12810,9  | 13602,2  | 14679,3  | 15814,3  | 23,4                                             |
| Добыча полезных ископаемых                                                                                   | 24491,7  | 26945,7  | 30504,9  | 34155,2  | 39,5                                             |
| Обрабатывающие производства                                                                                  | 26057,6  | 29676,8  | 34015,7  | 37810,2  | 45,1                                             |
| Обеспечение электрической энергией газом и паром; кондиционирование воздуха                                  | 20848,3  | 22375,1  | 24610,9  | 26213,3  | 25,7                                             |
| Водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений | 3842,9   | 4373,4   | 4889,6   | 5431,6   | 41,3                                             |
| Строительство                                                                                                | 4365,8   | 4712,1   | 5299,7   | 5702,5   | 30,6                                             |
| Торговля оптовая и розничная; ремонт автотранспортных средств и мотоциклов                                   | 10967,2  | 11472,1  | 12261,5  | 12563,6  | 14,6                                             |
| Транспортировка и хранение                                                                                   | 44983,6  | 50384,7  | 57885,4  | 66511,7  | 47,9                                             |
| Деятельность гостиниц и предприятий общественного питания                                                    | 5681,2   | 6042,7   | 6240,9   | 6383,1   | 12,4                                             |
| Деятельность в области информации и связи                                                                    | 11993,5  | 13184,5  | 14117,9  | 14459,9  | 20,6                                             |
| Деятельность финансовая и страховая                                                                          | 7793,2   | 8111,5   | 8735,0   | 9042,3   | 16,0                                             |
| Деятельность по операциям с недвижимым имуществом                                                            | 192481,9 | 238857,7 | 277703,6 | 309841,7 | 61,0                                             |
| Деятельность профессиональная, научная и техническая                                                         | 6700,0   | 7215,4   | 7762,3   | 8765,6   | 30,8                                             |
| Деятельность административная и сопутствующие дополнительные услуги                                          | 7224,0   | 7638,8   | 8042,3   | 8428,7   | 16,7                                             |
| Государственное управление и обеспечение военной безопасности; социальное обеспечение                        | 33178,9  | 36646,2  | 39334,9  | 43808,7  | 32,0                                             |
| Образование                                                                                                  | 7674,6   | 8227,0   | 8795,2   | 9706,2   | 26,5                                             |
| Деятельность в области здравоохранения и социальных услуг                                                    | 6976,8   | 7993,2   | 9400,0   | 10517,2  | 50,7                                             |
| Деятельность в области культуры, спорта, организации досуга и развлечений                                    | 6112,8   | 6467,7   | 6789,1   | 7242,3   | 18,5                                             |
| Предоставление прочих видов услуг                                                                            | 3741,6   | 3828,5   | 3465,6   | 3500,2   | (6,45)                                           |

Источник: составлено авторами по данным [5, 6].

За период 2020–2024 гг. совокупный рост инвестиций в основной капитал составил более 27% в реальном выражении [4], что обусловлено устойчивым ускорением выделения инвестиций, которое способствовало структурным изменениям в экономике. Инвестиции в основной капитал в сельском хозяйстве России в 2023 г. составили 103,3%, их объем превысил 1 трлн руб. Эти средства были вложены в закупку техники и оборудования, племенных животных, проведение мелиоративных работ, закладку многолетних насаждений и другие направления. Об этом рассказала министр сельского хозяйства РФ О. Лут, представляя на заседании правительства национальный доклад о реализации в 2023 г. государственной программы развития сельского хозяйства [2]. Однако следует отметить определенное замедление этого процесса в 2024 г. (по данным Росстата, инвестиции в основной капитал в России выросли на 7,4% в сопоставимых ценах, после роста на 9,8% в 2023 г. [5]).

Выделяя сельское хозяйство среди прочих отраслей экономики как наиболее важную, связанную с обеспечением продовольственной безопасности страны, следует акцентировать внимание на невысоких темпах роста основного капитала (на уровне среднего значения), которые в 2023 г. составили 23,2% относительно 2020 г.

Источники финансирования воспроизводства основного капитала подразделяются на собственные (прибыль, остающаяся в распоряжении организаций; средства резервных фондов; вклады учредителей в уставный капитал организации и др.) и привлеченные, или заемные (кредиты банков, кредиты институциональных инвесторов – инвестиционных фондов и компаний, страховых обществ), средства из федерального бюджета или местных бюджетов, средства государственных внебюджетных фондов и др.).

Особенности сельскохозяйственного производства, а также комплекс проблем, сдерживающих поступательное развитие отрасли, накладывают существенный отпечаток на процесс воспроизводства основного капитала. Проблемы, с которыми сталкивается сельское хозяйство, обусловлены влиянием экономических, технологических, климатических и социальных факторов. Среди экономических факторов следует отметить зависимость от внешних условий (колебания мировых цен на продукцию, колебания спроса, влияние макроэкономических и геополитических рисков); низкую рентабельность и недостаток инвестиций; зависимость от импорта (в части технического оснащения, семенного материала, средств защиты растений); ограниченный доступ товаропроизводителей к рынку; высокую степень закредитованности сельскохозяйственных предприятий. К технологическим факторам относятся отставание в сфере цифровизации и внедрения платформенных технологий, недостаточное использование конкурентоспособных технологических инноваций, проблемы с внедрением цифровых решений и др. К числу климатических факторов относятся аномальные погодные условия, которые снижают урожайность и продуктивность животных, расширение ареала распространения сельскохозяйственных вредителей и болезней и др. Среди социальных факторов можно отметить такие, как дефицит квалифицированных кадров, низкий престиж аграрных профессий вследствие тяжелых условий труда и его низкой оплаты, отток населения из сельской местности в города, депопуляция и старение сельского населения, неразвитость социальной инфраструктуры, низкий уровень жизни сельского населения. В перечень дополнительных факторов, оказывающих негативное влияние на эффективность сельскохозяйственного производства, эксперты включают регуляторные пробелы и несовершенство институциональной среды, проблемы с доступом к ресурсам (земля, вода, энергия), регуляторные ограничения в сфере биотехнологий и других инноваций.

Существуют также объективные и субъективные факторы, определяющие процесс воспроизводства основного капитала в сельском хозяйстве, в частности производственная структура аграрного сектора, наличие устойчивого рынка сельскохозяйственной продукции и ресурсов, наличие на рынке большого количества продавцов и покупателей, развитый рынок земли, специфика состава основного капитала, использование земли как средства производства и др.

Рассмотрение механизма финансирования воспроизводства основного капитала АПК показывает, что капитальные вложения осуществляются за счет:

- собственных финансовых ресурсов и внутрихозяйственных резервов (чистая прибыль, амортизационные отчисления и др.);
- привлеченных финансовых средств инвесторов (банковских кредитов, бюджетного финансирования, средств, полученных от эмиссии акций, паевых и иных взносов в уставный капитал).

Общий объем инвестиций в основной капитал, направленных на развитие сельского хозяйства, в 2023 г. увеличился незначительно по сравнению с 2021 г. – на 8,2% (табл. 2).

**Таблица 2. Инвестиции в основной капитал, направленные на развитие сельского хозяйства**

| Показатели                                                                                        | Годы    |         |         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
|                                                                                                   | 2021    | 2022    | 2023    |
| Инвестиции в основной капитал на развитие сельского хозяйства (в фактически действовавших ценах): |         |         |         |
| в млн руб.                                                                                        | 520 939 | 565 109 | 563 453 |
| в процентах к общему объему инвестиций в основной капитал                                         | 2,9     | 2,6     | 2,2     |
| в процентах к предыдущему году (в постоянных ценах)                                               | 103,6   | 93,8    | 93,2    |

Источник: составлено авторами по данным [5, 6].

Рассматривая состояние инвестиционной деятельности в сельском хозяйстве, можно сделать вывод, что организации АПК производят вложения средств в развитие производственной деятельности, при этом в большей части их инвестиции направлены на строительство, реконструкцию и модернизацию материально-технической базы (на строительство животноводческих комплексов, птицефабрик, элеваторов, овощехранилищ и др.), о чем свидетельствуют данные, приведенные в таблице 3.

**Таблица 3. Ввод в действие производственных мощностей в сельском хозяйстве**

| Показатели                                                                                                                                    | Годы   |        |        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|
|                                                                                                                                               | 2021   | 2022   | 2023   |
| <b>Введены:</b>                                                                                                                               |        |        |        |
| животноводческие помещения, тыс. мест:                                                                                                        |        |        |        |
| для крупного рогатого скота                                                                                                                   | 226,9  | 133,1  | 154,3  |
| для свиней                                                                                                                                    | 961,8  | 2118,8 | 1465,1 |
| для овец                                                                                                                                      | 10,9   | 26,0   | 12,5   |
| птицефабрики:                                                                                                                                 |        |        |        |
| яичного направления, тыс. кур-несушек                                                                                                         | 1141,0 | 685,2  | 446,2  |
| мясного направления, млн голов мясной птицы в год                                                                                             | 25,0   | 11,8   | 0,2    |
| элеваторы, тыс. т единовременного хранения                                                                                                    | 310,4  | 311,9  | 549,0  |
| предприятия мельничные сортового помола, тыс. т переработки зерна в сутки                                                                     | 2,4    | 0,1    | 1,3    |
| комбикормовые предприятия, тыс. т комбикормов в сутки                                                                                         | 2,0    | 2,2    | 2,0    |
| склады для хранения минеральных удобрений, ядохимикатов, микробиологических средств и известковых материалов, тыс. т единовременного хранения | 40,3   | 66,8   | 23,7   |
| хранилища для картофеля, овощей и фруктов для организаций сельского хозяйства, тыс. т единовременного хранения                                | 263,8  | 338,0  | 315,2  |
| мощности по производству:                                                                                                                     |        |        |        |
| сахара-песка, тыс. ц переработки свеклы в сутки                                                                                               | -      | 5,5    | -      |
| мяса, т в смену                                                                                                                               | 249,7  | 111,3  | 88,8   |
| цельномолочной продукции, тыс. т в смену                                                                                                      | 0,2    | 0,2    | 0,6    |
| сыра твердых сортов (без плавленых), т в смену                                                                                                | 0,4    | 4,4    | 10,4   |
| <b>Проведены работы:</b>                                                                                                                      |        |        |        |
| по орошению земель, тыс. га                                                                                                                   | 26,5   | 44,8   | 99,7   |
| по осушению земель, тыс. га                                                                                                                   | 14,5   | 3,1    | 1,5    |
| по культуртехническим мероприятиям на сельскохозяйственных угодьях, не требующих осушения, тыс. га                                            | -      | -      | -      |

Источник: составлено авторами по данным [5, 6].

В современных экономических условиях с ростом предложения суммарная выручка организаций агропромышленного комплекса, с одной стороны, стремится к уменьшению. С другой стороны, цены на приобретаемые товары обгоняют цены на готовую продукцию. В итоге сельскохозяйственные предприятия не имеют возможности осуществлять вложения в развитие и обновление своей материально-технической базы.

При функционировании основного капитала экономические процессы переплетаются с биологическими, многие орудия и средства труда используются сезонно, в результате чего образуется разрыв между рабочим временем и временем производства, а длительность производственного цикла, как правило, продолжается менее года.

В целях оценки эффективности использования основного капитала проанализируем структуру баланса ООО «Агротех-Гарант», в том числе динамику и структуру основных статей бухгалтерского баланса за период 2014–2022 гг. (табл. 4, 5), что дает наглядное представление о существенном увеличении размеров компании (почти в 5 раз возросла валюта баланса).

Характерным является незначительная величина внеоборотных активов компании – в среднем 4,3% в структуре баланса, причем на основные средства в эти годы в среднем приходилось 0,9%, что довольно типично для специализации предприятия, занимающегося торговлей удобрениями и агрохимическими средствами.

На запасы (24%), финансовые вложения (24%) и дебиторскую задолженность (45%) в среднем за этот период приходилось 92% активов бизнеса. Еще в среднем 3% составляли остатки денежных средств.

Структура пассивов в среднем формировалась собственным (31%) и заемным (30%) капиталом. На долю кредиторской задолженности приходилось 38%.

Можно отметить, что тенденция роста размеров деятельности и активов сопровождалась относительно стабильной структурой активов и пассивов, если нивелировать вклад отдельных межгодовых колебаний, потому что в итоге модель деятельности определяла параметры баланса.

Анализ данных таблицы 3 показывает, что в исследуемом предприятии за период наблюдения существенно вырос объем нераспределенной прибыли в общей структуре баланса. Однако удельный вес основного капитала сократился, несмотря на то что предприятие осуществляет инвестиции не только в оборотный, но и в основной капитал. При этом в 2023 г., по данным ФГБУ «Центр Агроаналитики», размер инвестиций в основной капитал со стороны государства составил более одного триллиона рублей, что на 3% превысило запланированные объемы инвестиций [5].

По данным Росстата о запасах основного капитала в целом по РФ на начало и конец анализируемого периода (2020–2023 гг.) и структуре движения по счетам изменений стоимости основного капитала, можно отметить, что наибольшее влияние на стоимость запасов основного капитала итогом оказало изменение стоимости по счету переоценки (изменения цен за год (номинальная холдинговая прибыль/убыток), которое увеличило счет стоимости основного капитала на 282% [6].

Специфика сельского хозяйства, в первую очередь зависимость от природно-климатических условий, работа с биологическими ресурсами и др., обуславливают наличие определенных рисков: возникновение эпизоотий в животноводстве и эпифитотий в растениеводстве, климатические катаклизмы (засуха, вымывание посевов, заморозки и др.), которые могут негативно повлиять на результаты производства (количество и качество готовой продукции).

Характерной особенностью экономической деятельности в современных экономических условиях являются нарушения жизненного цикла хозяйствующих субъектов, которые в определенные моменты функционирования не могут производить прибыль, даже получают убытки вследствие часто повторяющихся, затяжных финансовых затруднений, требующих чрезвычайных мер для предотвращения несостоятельности или банкротства [8].

Таблица 4. Бухгалтерский баланс ООО «Агротех-Гарант» (по состоянию на 31 декабря), млн руб. (по данным ФНС)

|                                                                               | Годы         |              |              |              |              |              |              |              |               |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--|--|
|                                                                               | 2014         | 2015         | 2016         | 2017         | 2018         | 2019         | 2020         | 2021         | 2022          |  |  |
| <b>АКТИВ</b>                                                                  |              |              |              |              |              |              |              |              |               |  |  |
| <b>I. ВНЕОБОРОТНЫЕ АКТИВЫ</b>                                                 |              |              |              |              |              |              |              |              |               |  |  |
| Нематериальные активы (1110)                                                  | 11           | 10           | 9            | 8            | 7            | 5            | 4            | 3            | 2             |  |  |
| Основные средства (1150)                                                      | 23           | 31           | 33           | 39           | 57           | 79           | 134          | 85           | 80            |  |  |
| Финансовые вложения (1170)                                                    | 0            | 0            | 0            | 357          | 357          | 357          | 357          | 357          | 357           |  |  |
| <b>Итого по разделу I (1100)</b>                                              | <b>34</b>    | <b>41</b>    | <b>42</b>    | <b>404</b>   | <b>421</b>   | <b>441</b>   | <b>495</b>   | <b>445</b>   | <b>440</b>    |  |  |
| <b>II. ОБОРОТНЫЕ АКТИВЫ</b>                                                   |              |              |              |              |              |              |              |              |               |  |  |
| Запасы (1210)                                                                 | 499          | 1 032        | 721          | 1 733        | 1 454        | 2 548        | 1 809        | 1 946        | 1 823         |  |  |
| Налог на добавленную стоимость по приобретенным ценностям (1220)              |              | 2            |              | 142          |              | 116          |              | 18           |               |  |  |
| Дебиторская задолженность (1230)                                              | 1 134        | 2 061        | 5 361        | 3 242        | 2 195        | 1 925        | 1 997        | 3 183        | 5 427         |  |  |
| Финансовые вложения (за исключением денежных эквивалентов) (1240)             | 604          | 461          | 496          | 1 022        | 2 616        | 1 126        | 3 372        | 2 088        | 3 432         |  |  |
| Денежные средства и денежные эквиваленты (1250)                               | 80           | 133          | 864          | 102          | 33           | 54           | 57           | 39           | 343           |  |  |
| Прочие оборотные активы (1260)                                                |              |              |              |              | 1            | 5            | 5            | 6            | 3             |  |  |
| <b>Итого по разделу II (1200)</b>                                             | <b>2 317</b> | <b>3 689</b> | <b>7 442</b> | <b>6 239</b> | <b>6 300</b> | <b>5 774</b> | <b>7 239</b> | <b>7 280</b> | <b>11 028</b> |  |  |
| <b>БАЛАНС (1600)</b>                                                          | <b>2 351</b> | <b>3 730</b> | <b>7 485</b> | <b>6 643</b> | <b>6 721</b> | <b>6 216</b> | <b>7 734</b> | <b>7 725</b> | <b>11 468</b> |  |  |
| <b>ПАССИВ</b>                                                                 |              |              |              |              |              |              |              |              |               |  |  |
| <b>III. КАПИТАЛ И РЕЗЕРВЫ</b>                                                 |              |              |              |              |              |              |              |              |               |  |  |
| Уставный капитал (складочный капитал, уставный фонд, вклады товарищей) (1310) | 0,01         | 0,01         | 0,01         | 0,01         | 0,01         | 0,01         | 0,01         | 0,01         | 0,01          |  |  |
| Нераспределенная прибыль (непокрытый убыток) (1370)                           | 501          | 1 204        | 1 514        | 1 937        | 2 343        | 2 458        | 2 603        | 3 000        | 3 535         |  |  |
| <b>Итого по разделу III (1300)</b>                                            | <b>501</b>   | <b>1 204</b> | <b>1 514</b> | <b>1 937</b> | <b>2 343</b> | <b>2 458</b> | <b>2 603</b> | <b>3 000</b> | <b>3 535</b>  |  |  |
| <b>IV. ДОЛГОСРОЧНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА</b>                                         |              |              |              |              |              |              |              |              |               |  |  |
| Прочие обязательства (1450)                                                   |              |              |              |              |              | 4            |              |              |               |  |  |
| <b>Итого по разделу IV (1400)</b>                                             |              |              |              |              |              | <b>4</b>     |              |              |               |  |  |
| <b>V. КРАТКОСРОЧНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА</b>                                         |              |              |              |              |              |              |              |              |               |  |  |
| Заемные средства (1510)                                                       | 454          | 377          | 3 432        | 2 548        | 1 597        | 1 818        | 2 997        | 1 754        | 4 511         |  |  |
| Кредиторская задолженность (1520)                                             | 1 278        | 2 135        | 2 536        | 2 155        | 2 778        | 1 933        | 2 132        | 2 971        | 3 422         |  |  |
| Прочие обязательства (1550)                                                   | 119          | 14           | 3            | 3            | 3            | 3            | 3            |              |               |  |  |
| <b>Итого по разделу V (1500)</b>                                              | <b>1 851</b> | <b>2 526</b> | <b>5 971</b> | <b>4 706</b> | <b>4 379</b> | <b>3 754</b> | <b>5 131</b> | <b>4 725</b> | <b>7 933</b>  |  |  |
| <b>БАЛАНС (1700)</b>                                                          | <b>2 351</b> | <b>3 730</b> | <b>7 485</b> | <b>6 643</b> | <b>6 721</b> | <b>6 216</b> | <b>7 734</b> | <b>7 725</b> | <b>11 468</b> |  |  |

Таблица 5. Структура бухгалтерского баланса ООО «Агротех-Гарант» (по состоянию на 31 декабря) (по данным ФНС), %

|                                                                               | Годы         |              |              |              |              |              |              |              |              |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|--|
|                                                                               | 2014         | 2015         | 2016         | 2017         | 2018         | 2019         | 2020         | 2021         | 2022         |  |  |
| <b>АКТИВ</b>                                                                  |              |              |              |              |              |              |              |              |              |  |  |
| <b>I. ВНЕОБОРОТНЫЕ АКТИВЫ</b>                                                 |              |              |              |              |              |              |              |              |              |  |  |
| Нематериальные активы (1110)                                                  | 0,5          | 0,3          | 0,1          | 0,1          | 0,1          | 0,1          | 0,1          | 0,0          | 0,0          |  |  |
| Основные средства (1150)                                                      | 1,0          | 0,8          | 0,4          | 0,6          | 0,9          | 1,3          | 1,7          | 1,1          | 0,7          |  |  |
| Финансовые вложения (1170)                                                    | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 5,4          | 5,3          | 5,8          | 4,6          | 4,6          | 3,1          |  |  |
| <b>Итого по разделу I (1100)</b>                                              | <b>1,5</b>   | <b>1,1</b>   | <b>0,6</b>   | <b>6,1</b>   | <b>6,3</b>   | <b>7,1</b>   | <b>6,4</b>   | <b>5,8</b>   | <b>3,8</b>   |  |  |
| <b>II. ОБОРОТНЫЕ АКТИВЫ</b>                                                   |              |              |              |              |              |              |              |              |              |  |  |
| Запасы (1210)                                                                 | 21,2         | 27,7         | 9,6          | 26,1         | 21,6         | 41,0         | 23,4         | 25,2         | 15,9         |  |  |
| Налог на добавленную стоимость по приобретенным ценностям (1220)              | 0,0          | 0,1          | 0,0          | 2,1          | 0,0          | 1,9          | 0,0          | 0,2          | 0,0          |  |  |
| Дебиторская задолженность (1230)                                              | 48,2         | 55,3         | 71,6         | 48,8         | 32,7         | 31,0         | 25,8         | 41,2         | 47,3         |  |  |
| Финансовые вложения (за исключением денежных эквивалентов) (1240)             | 25,7         | 12,3         | 6,6          | 15,4         | 38,9         | 18,1         | 43,6         | 27,0         | 29,9         |  |  |
| Денежные средства и денежные эквиваленты (1250)                               | 3,4          | 3,6          | 11,5         | 1,5          | 0,5          | 0,9          | 0,7          | 0,5          | 3,0          |  |  |
| Прочие оборотные активы (1260)                                                | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 0,1          | 0,1          | 0,1          | 0,0          |  |  |
| <b>Итого по разделу II (1200)</b>                                             | <b>98,5</b>  | <b>98,9</b>  | <b>99,4</b>  | <b>93,9</b>  | <b>93,7</b>  | <b>92,9</b>  | <b>93,6</b>  | <b>94,2</b>  | <b>96,2</b>  |  |  |
| <b>БАЛАНС (1600)</b>                                                          | <b>100,0</b> | <b>100,0</b> | <b>100,0</b> | <b>100,0</b> | <b>100,0</b> | <b>100,0</b> | <b>100,0</b> | <b>100,0</b> | <b>100,0</b> |  |  |
| <b>ПАССИВ</b>                                                                 |              |              |              |              |              |              |              |              |              |  |  |
| <b>III. КАПИТАЛ И РЕЗЕРВЫ</b>                                                 |              |              |              |              |              |              |              |              |              |  |  |
| Уставный капитал (складочный капитал, уставный фонд, вклады товарищей) (1310) | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 0,0          |  |  |
| Нераспределенная прибыль (непокрытый убыток) (1370)                           | 21,3         | 32,3         | 20,2         | 29,2         | 34,9         | 39,5         | 33,7         | 38,8         | 30,8         |  |  |
| <b>Итого по разделу III (1300)</b>                                            | <b>21,3</b>  | <b>32,3</b>  | <b>20,2</b>  | <b>29,2</b>  | <b>34,9</b>  | <b>39,5</b>  | <b>33,7</b>  | <b>38,8</b>  | <b>30,8</b>  |  |  |
| <b>IV. ДОЛГОСРОЧНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА</b>                                         |              |              |              |              |              |              |              |              |              |  |  |
| Прочие обязательства (1450)                                                   |              |              |              |              |              | 0,1          |              |              |              |  |  |
| <b>Итого по разделу IV (1400)</b>                                             |              |              |              |              |              | <b>0,1</b>   |              |              |              |  |  |
| <b>V. КРАТКОСРОЧНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА</b>                                         |              |              |              |              |              |              |              |              |              |  |  |
| Заемные средства (1510)                                                       | 19,3         | 10,1         | 45,8         | 38,4         | 23,8         | 29,2         | 38,7         | 22,7         | 39,3         |  |  |
| Кредиторская задолженность (1520)                                             | 54,3         | 57,2         | 33,9         | 32,4         | 41,3         | 31,1         | 27,6         | 38,5         | 29,8         |  |  |
| Прочие обязательства (1550)                                                   | 5,0          | 0,4          |              |              |              |              |              |              |              |  |  |
| <b>Итого по разделу V (1500)</b>                                              | <b>78,7</b>  | <b>67,7</b>  | <b>79,8</b>  | <b>70,8</b>  | <b>65,1</b>  | <b>60,4</b>  | <b>66,3</b>  | <b>61,2</b>  | <b>69,2</b>  |  |  |
| <b>БАЛАНС (1700)</b>                                                          | <b>100,0</b> | <b>100,0</b> | <b>100,0</b> | <b>100,0</b> | <b>100,0</b> | <b>100,0</b> | <b>100,0</b> | <b>100,0</b> | <b>100,0</b> |  |  |



Особенности и риски сельскохозяйственной отрасли определяют необходимость использования краткосрочных кредитов, которые, по общему правилу, должны выдаваться на условиях срочности, платности, возвратности и обеспеченности [3]. В связи с этим следует отметить роль основного капитала в условиях предоставления банками краткосрочных кредитов хозяйствующим субъектам, который, в овеществленной форме, является единственным залоговым инструментом. При этом основной капитал в сельском хозяйстве может быть представлен низколиквидными основными средствами (например, здания животноводческих ферм, комплексов, специальная техника), которые сложно переориентировать на другие виды производства; многолетними насаждениями (например, сады, виноградники), которые в принципе не могут быть перепрофилированы и др. [9]. То есть основной капитал в сельском хозяйстве имеет высокое значение в отрасли, но как перспективная собственность банка, полученная на условиях обеспеченности непогашенного краткосрочного кредита, имеет низкое значение, что затрудняет получение кредитов на расходы по текущей деятельности сельскохозяйственных предприятий [1].

Обозначенная проблема формирования основного капитала в сельском хозяйстве на современном этапе не может быть решена без помощи государства и частных вложений. Учитывая оттоку иностранного капитала из экономики России, в том числе из сельского хозяйства, увеличение основного капитала в сельскохозяйственном производстве может осуществляться за счет капитала отечественных инвесторов, которые могут быть представлены финансово устойчивыми агрохолдингами и предприятиями иных отраслей экономики.

Для решения указанной проблемы необходимо научно обосновать сценарии либо реструктуризации, либо выкупа при проведении процедуры банкротства действующих убыточных сельскохозяйственных предприятий, что имеет как положительные, так и отрицательные стороны.

Во-первых, укрупнение и без того мощных агрохолдингов, с одной стороны, позволяет продолжить агробизнес на полученных территориях сельскохозяйственных угодий, с другой – приведет к снижению предпринимательской активности населения сельских территорий, что отрицательно скажется на деятельности субъектов малого и среднего бизнеса, к которым относятся крестьянские (фермерские) хозяйства.

Во-вторых, диверсификация деятельности предприятий иных отраслей экономики с включением в их состав предприятий агробизнеса не всегда может соответствовать предпринимательской инициативе неаграрного предприятия, а также не позволит получать ряд преференций со стороны государства (дотации, налоговые льготы), поскольку такое объединенное предприятие не будет соответствовать критериям сельскохозяйственного товаропроизводителя как для целей получения дотаций, так и для целей получения налоговых льгот, в том числе и по налогу на прибыль организаций, который с 2025 г. увеличен на 5%. Отмеченное правовое ограничение на получение преференций со стороны государства является решающим фактором того, что достаточно устойчиво функционирующие бизнес-структуры других отраслей не привлекает перспектива покупки предприятий агробизнеса.

На наш взгляд, единственным наиболее рациональным фактором дальнейшего эффективного развития сельскохозяйственного производства является обоснованная поддержка аграриев в части увеличения основного и оборотного капитала со стороны государства.

Безусловно, необходим государственный контроль за использованием полученных средств и экономической обоснованности расходов при увеличении основного капитала. При этом не следует рассчитывать на быстрый экономический эффект, поскольку, кроме сокращения основного капитала, в сельском хозяйстве существует еще ряд глобальных проблем, которые на сегодняшний день ждут решения: диспаритет цен, государственное регулирование цен на сельскохозяйственную продукцию, низкие темпы развития инфраструктуры и других аспектов социально-экономического развития сельских территорий, переход на цифровые системы отслеживания семян, гербицидов и удобрений, кадровый голод, что также требует изменения направления денежных потоков аграриев и увеличения затрат на организацию соответствующих систем учета продукции на местах.

#### Список источников

1. Горелкина И.А., Карташова В.В. Цена капитала и особенности ее расчета в сельскохозяйственных организациях // Финансовый вестник. 2016. № 3(34). С. 28–32.
2. Инвестиции в основной капитал в АПК РФ в прошлом году составили 103,3% [Электронный ресурс] // ФГБУ «Центр Агроаналитики» – подведомственное учреждение Минсельхоза России. Дата публикации: 05.07.2024. URL: <https://specagro.ru/news/202407/investicii-v-osnovnoy-kapital-v-apk-rf-v-proshlom-godu-sostavili-1033-lut> (дата обращения: 02.07.2025).
3. Казанский А.В. Базельские стандарты капитала, ликвидности и управления рисками // Проблемы современной экономики. 2015. № 4. С. 166–169.
4. Основные направления бюджетной, налоговой и таможенно-тарифной политики на 2025 год и на плановый период 2026 и 2027 годов [Электронный ресурс] // Министерство финансов РФ. URL: [https://minfin.gov.ru/common/upload/library/2024/10/main/ONBNiITP\\_2025\\_2027.pdf](https://minfin.gov.ru/common/upload/library/2024/10/main/ONBNiITP_2025_2027.pdf) (дата обращения: 02.07.2024).
5. Регионы России: социально-экономические показатели. 2023 [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Статистические издания. URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region\\_Pokaz\\_2023.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region_Pokaz_2023.pdf) (дата обращения: 02.07.2025).
6. Российский статистический ежегодник. 2023 [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Статистические издания. URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Ejgodnik\\_2023.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Ejgodnik_2023.pdf) (дата обращения: 02.07.2025).
7. Сухорукова Н.В., Цвырко А.А. Оптимизация системы налогового планирования хозяйствующих субъектов // Налоги и финансы. 2019. № 2. С. 7–13. DOI: 10.24411/2226-6720-2019-10021.
8. Терновых Е.В. Дурова Л.В. Особенности механизма управления предприятием в условиях нестабильной экономической среды // Право, экономика и управление: актуальные вопросы: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции (Чебоксары, 08 октября 2021 г.). Чебоксары: ООО «Издательский дом «Среда», 2021. С. 83–91.
9. Улезько О.В. Тенденции изменения ресурсообеспеченности предприятий аграрной сферы и результативности их функционирования // Вклад молодых ученых в решение проблем аграрной науки: материалы межрегиональной научно-практической конференции молодых ученых (Воронеж, 12–13 мая 2005 г.). Воронеж: ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2005. Ч. 1. С. 47–49.
10. Ухина О.И., Ткачева Ю.В., Емцева Н.С. Содержание механизма эффективного управления собственным капиталом коммерческой организации // Финансовый менеджмент. 2021. № 4. С. 3–12.

11. Nuzhdin R.V., Maslova I.N., Kondrashova N.V. et al. Analytical Procedures for Evaluating the Raw Material Component of Sugar Production // *Advances in Economics, Business and Management Research: Proceedings of the International Conference on Policies and Economic Measures for Agricultural Development (AgroDevEco 2020)* (Voronezh, May 25-26, 2020). Atlantis Press, 2020. Vol. 147. Pp. 264–270. DOI: 10.2991/aebmr.k.200729.051.

### References

1. Gorelkina I.A., Kartashova V.V. Cost of capital and features of its calculation in agricultural organizations. *Financial Bulletin*. 2016;3(34):28-32. (In Russ.).
2. Investments in fixed assets in Agro-Industrial Complex of the Russian Federation last year amounted to 103.3%. Federal State Budgetary Institution "Center for Agroanalytics", Subordinate Institution of the Ministry of Agriculture of Russia. Publication date: 05.07.2024. URL: <https://specagro.ru/news/202407/investicii-v-osnovnoy-kapital-v-apk-rf-v-proshlom-godu-sostavili-1033-lut>. (In Russ.).
3. Kazansky A.V. Basel Standards of capital, liquidity and risk management. *Problems of Modern Economics*. 2015;4:166-169. (In Russ.).
4. Main directions of budget, tax, and customs tariff policy for 2025 and for the planning period of 2026 and 2027. Ministry of Finance of the Russian Federation. URL: [https://minfin.gov.ru/common/upload/library/2024/10/main/ONBNIITP\\_\\_2025\\_2027.pdf](https://minfin.gov.ru/common/upload/library/2024/10/main/ONBNIITP__2025_2027.pdf). (In Russ.).
5. Regions of Russia: socio-economic indicators. 2023. Federal State Statistics Service (Rosstat). Statistical publications. URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region\\_Pokaz\\_2023.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region_Pokaz_2023.pdf). (In Russ.).
6. Russian Statistical Yearbook. 2023. Federal State Statistics Service (Rosstat). Statistical publications. URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Ejgodnik\\_2023.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Ejgodnik_2023.pdf). (In Russ.).
7. Sukhorukova N.V., Tsvyrko A.A. Optimization of the tax planning system for economic entities. *Taxes and Finance*. 2019;2:7-13. DOI: 10.24411/2226-6720-2019-10021. (In Russ.).
8. Ternovikh E.V., Durova L.V. Features of the enterprise management mechanism in an unstable economic environment. In: Law, economics and management: current issues: Proceedings of the All-Russian Research-to-Practice Conference (Cheboksary, October 08, 2021). Cheboksary: Sreda Publishing House; 2021:83-91. (In Russ.).
9. Ulez'ko O.V. Trends in resource availability of agricultural enterprises and the effectiveness of their functioning. In: Contribution of young scientists to solving problems of agricultural science: Proceedings of the Interregional Research-to-Practice Conference of Young Scientists (Voronezh, May 12-13, 2005). Voronezh: Voronezh State Agrarian University Publishers. 2005;1:47-49. (In Russ.).
10. Ukhina O.I., Tkacheva Yu.V., Emtseva N.S. Content of the mechanism of effective management of own capital of a commercial organization. *Financial Management*. 2021;4:3-12. (In Russ.).
11. Nuzhdin R.V., Maslova I.N., Kondrashova N.V. et al. Analytical Procedures for Evaluating the Raw Material Component of Sugar Production. In: *Advances in Economics, Business and Management Research: Proceedings of the International Conference on Policies and Economic Measures for Agricultural Development (AgroDevEco 2020)* (Voronezh, May 25-26, 2020). Atlantis Press. 2020;147:264-270. DOI: 10.2991/aebmr.k.200729.051.

### Информация об авторах

A.A. Улезько – директор по персоналу ООО Группа компаний «Мотор Ленд», Arinaulezko@gmail.com.  
Н.В. Маслов – обучающийся по направлению 38.04.01 «Экономика» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», maslov-atg@mail.ru.  
А.А. Копиев – обучающийся по направлению 38.04.01 «Экономика» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», toni.kopiev@mail.ru.

### Information about the authors

A.A. Ulez'ko, HR Director, Motor Land Group of Companies, Arinaulezko@gmail.com.  
N.V. Maslov, Student, the Direction 38.04.01 Economics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, maslov-atg@mail.ru.  
A.A. Kopiev, Student, the Direction 38.04.01 Economics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, toni.kopiev@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 12.07.2025; одобрена после рецензирования 20.03.2026; принята к публикации 28.03.2026.

The article was submitted 12.07.2025; approved after reviewing 20.03.2026; accepted for publication 28.03.2024.

© Улезько А.А., Маслов Н.В., Копиев А.А., 2026

---

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

В настоящее время на базе ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» функционируют четыре диссертационных совета: **35.2.008.01, 35.2.008.02, 35.2.008.03 и 35.2.008.04.**

Диссертационный совет 35.2.008.01 (приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 1218/нк от 12 октября 2022 г.) принимает к защите диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по специальностям:

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки);

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (сельскохозяйственные науки).

Председатель – Оробинский Владимир Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (4.3.1., сельскохозяйственные науки).

Заместитель председателя – Гулевский Вячеслав Анатольевич, доктор технических наук, доцент (4.3.1., технические науки).

Ученый секретарь – Афоничев Дмитрий Николаевич, доктор технических наук, профессор (4.3.1., технические науки).

Диссертационный совет 35.2.008.02 (приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 1384/нк от 28 октября 2022 г.) принимает к защите диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по специальности

5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (экономические науки).

Председатель – Агибалов Александр Владимирович, доктор экономических наук, профессор (5.2.3., экономические науки).

Заместитель председателя – Терновых Константин Семенович, доктор экономических наук, профессор (5.2.3., экономические науки).

Заместитель председателя – Запорожцева Людмила Анатольевна, доктор экономических наук, доцент (5.2.3., экономические науки).

Ученый секретарь – Медеяева Зинаида Петровна, доктор экономических наук, профессор (5.2.3., экономические науки).

Диссертационный совет 35.2.008.03 (приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 1541/нк от 21 ноября 2022 г.) принимает к защите диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по специальностям:

1.5.20. Биологические ресурсы (сельскохозяйственные науки);

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки).

Председатель – Коржов Сергей Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (4.1.3., сельскохозяйственные науки).

Заместитель председателя – Олейникова Елена Михайловна, доктор биологических наук, доцент (1.5.20., сельскохозяйственные науки).

Ученый секретарь – Высоцкая Елена Анатольевна, доктор биологических наук, доцент (1.5.20., сельскохозяйственные науки).

Диссертационный совет 35.2.008.04 (приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 75/нк от 13 февраля 2024 г.) принимает к защите диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по специальностям:

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки);

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений (сельскохозяйственные науки).

Председатель – Кадыров Сабир Вагидович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (4.1.1., сельскохозяйственные науки).

Заместитель председателя – Образцов Владимир Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, доцент (4.1.1., сельскохозяйственные науки).

Ученый секретарь – Несмеянова Марина Анатольевна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент (4.1.1., сельскохозяйственные науки).

## Информация для авторов

Редакция принимает ранее не опубликованные и не направленные для публикации в другие издания материалы, содержащие результаты законченных экспериментальных, теоретических и методических исследований в различных областях сельскохозяйственных, технических и экономических наук, а также сообщения о не завершенных, но уже давших определенные результаты, научных работах.

Предлагаемые к опубликованию материалы должны соответствовать научным специальностям и отраслям наук, по которым журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий.

Статьи принимаются объемом до 20 страниц и 6 рисунков, краткие сообщения – до 5 страниц и 3 рисунков. В журнале могут быть представлены тематические или целевые публикации по материалам круглых столов и конференций, а также обзорные статьи.

Рукописи статей должны быть тщательно выверены и отредактированы, текст должен быть изложен ясно и последовательно, оригинальность текста – не менее 75% по системе Антиплагиат.

Материалы статей должны содержать:

- индекс УДК;
- название статьи на русском языке (должно быть кратким и четким);
- имя, отчество, фамилию автора / авторов на русском языке (по каждому автору с новой строки);
- полное название организации, где работает (-ют) или учится (-атся) автор (-ы), на русском языке;
- аннотация на русском языке объемом от 200 до 250 слов (не более 2000 знаков с пробелами), которая представляет собой краткое, точное изложение статьи в соответствии с ее структурой (предмет, цель работы, метод и методология проведения работы, результаты и область их применения, выводы). Аннотация не разбивается на абзацы, содержит фактографию и обоснованные выводы;
- ключевые слова на русском языке (5–7 слов или словосочетаний).

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 22.07.2026. Формат 60х84<sup>1/8</sup>  
Бумага офсетная. Объем 26,75 п.л. Гарнитура Times New Roman.  
Тираж 50 экз. Заказ № 28826  
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

