

ISSN 2071-2243  
DOI: 10.53914/issn2071-2243  
EDN: DHJTAY

# 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 16,  
выпуск 2(77)**

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2023\_2

ВОРОНЕЖ  
ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ  
2023

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР – проректор по научной работе  
доктор экономических наук **Л.А. Запорожцева**

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА – проректор по учебной работе  
доктор технических наук, профессор **Н.М. Дерканосова**

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, Высшей аттестационной комиссии (ВАК)  
при Министерстве образования и науки Российской Федерации –  
№ 383 по состоянию на 25.04.2023**

**Присвоена категория К1 – № 313 в Итоговом списке изданий,  
распределенных по категориям, по состоянию на 06.12.2022**

**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 плодовоощного института 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».

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

**Илларионов Александр Иванович**, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры земледелия, растениеводства 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, растениеводства 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, профессор кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений 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.

**Вендин Сергей Владимирович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электрооборудования и электротехнологий в АПК ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина».

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

**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, заведующий лабораторией использования смазочных материалов и отработанных нефтепродуктов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве».

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

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

**Пронская Ольга Николаевна**, доктор экономических наук, доцент, проректор по научной работе и инновациям ФГБОУ ВО «Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова».

**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».

**Смыслова Ольга Юрьевна**, доктор экономических наук, доцент, заместитель директора по научной работе Липецкого филиала ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации».

**Улезько Андрей Валерьевич**, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой информационного обеспечения и моделирования агроэкономических систем ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

**Чиркова Мария Борисовна**, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры бухгалтерского учета и аудита 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), Новый 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, 2023



ISSN 2071-2243  
DOI: 10.53914/issn2071-2243  
EDN: DHJTAY

# 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 16,  
Issue 2(77)**

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2023\_2

VORONEZH  
Voronezh SAU  
2023

EDITOR-IN-CHIEF – Vice-Rector for Research,  
Doctor of Economic Sciences **L.A. Zaporozhtseva**

DEPUTY CHIEF EDITOR – Vice-Rector for Academic Affairs,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor **N.M. Derkanosova**

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. 383 as of April 25, 2023**

**According to Peer-Reviewed Scientific Periodicals ranking Vestnik  
was assigned K1 category – No. 313 in Recordholding as of December 06, 2022**

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

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

## EDITORIAL BOARD

**Lyudmila V. Grigorieva**, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor, Senior Research Scientist, Honored Worker of Agricultural Industry of the Russian Federation, Director of Fruit-and-Vegetable Institute 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, Crop Science 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, Crop Science 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, Crop Science 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 Agroecology, All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar named after A.L. Mazlumov.

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

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

**Vladimir N. Obratsov**, Doctor of Agricultural Sciences, Docent, Professor at the Department of Soil Management, Crop Science and Plant Protection, 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.

**Sergey V. Vendin**, Doctor of Engineering Sciences, Full Professor, Head of the Department of Electrical Equipment and Electrical Technologies in the Agro-Industrial Complex, Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin.

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

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

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

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

**Valery V. Ostrikov**, Doctor of Engineering Sciences, Full Professor, Head of the Laboratory for Use of Lubricants and Spent Petroleum Products, 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. Ismurov**, 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, Vice-Rector for Research and Innovations, Kursk State Agricultural I.I. Ivanov Academy.

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

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

**Olga Yu. Smyslova**, Doctor of Economic Sciences, Docent, Vice-Rector for Research, Lipetsk Branch of Financial University under the Government of the Russian Federation.

**Andrey V. Ulez’ko**, Doctor of Economic Sciences, Full Professor, Head of the Department of Information Support and Modeling of Economic Systems in Agriculture, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

**Mariya B. Chirkova**, Doctor of Economic Sciences, Full Professor, Professor at the Department of Accounting and Auditing, 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 New 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, 2023

# ВЕСТНИК

ВОРОНЕЖСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА



Основан в 1998 г.  
Выходит 4 раза в год

## СОДЕРЖАНИЕ CONTENTS

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

**Дедов А.В., Шевченко В.А.**

Влияние различных способов основной обработки почвы и удобрений на засоренность посевов и урожайность ячменя

**Dedov A.V., Shevchenko V.A.**

Effect of various methods of basic tillage and fertilizers

application on weed infestation of crops and barley yield ..... 13

**Митрофанов Д.В., Кафтан Ю.В., Скороходов В.Ю., Зоров А.А.**

Влияние погодных условий центральной зоны Оренбургской области, влажности почвы, фона питания и предшественников в севооборотах на урожайность зерна ячменя

**Mitrofanov D.V., Kaftan Yu.V., Skorokhodov V.Yu., Zorov A.A.**

Influence of weather conditions in the central zone of Orenburg Oblast, soil moisture,

nutrition background and preceding crops in crop rotations on the yield of barley grain ..... 24

### 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)

**Садыкова Н.А., Велямов М.Т., Лукин А.Л., Мелькумова Е.А., Клишкин А.Ф.**

Эффективность применения малотоксичных для окружающей среды средств защиты сахарной свеклы от вредоносных болезней семян

**Sadykova N.A., Velyamov M.T., Lukin A.L., Melkumova E.A., Klimkin A.F.**

Efficiency of low-toxic sugar beet protection agents against harmful seed diseases ..... 36

**Шешегова Т.К., Волкова Л.В., Щеклеина Л.М.**

Источники комплексной устойчивости яровой мягкой пшеницы из коллекции ВИР

**Sheshegova T.K., Volkova L.V., Shchekleina L.M.**

Sources of complex resistance of spring soft wheat from the collection

of the N.I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry (VIR) ..... 49

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

**Гулидова В.А., Захаров В.Л.**

Сравнительный биохимический состав и товарные качества плодов яблонь разных сортов, выращиваемых в интенсивных садах в условиях ЦЧР

**Gulidova V.A., Zakharov V.L.**

Comparative biochemical composition and commercial qualities of fruits of different varieties of apple trees cultivated in intensive

orchards in the conditions of the Central Chernozem Region ..... 59

**Щербакова Е.В., Ноздрачева Р.Г.**

Оценка морфобиологических особенностей сортов и гибридов абрикоса, выращиваемых в условиях ЦЧР

**Shcherbakova E.V., Nozdracheva R.G.**

Assessment of morphobiological features of apricot varieties and hybrids cultivated in the conditions of the Central Chernozem Region ..... 71

---

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

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

---

**Куликова Е.В., Горбунова Н.С., Куликов Ю.А.**

Влияние мелиорации фосфогипсом на экологическое состояние черноземов Каменной степи

**Kulikova E.V., Gorbunova N.S., Kulikov Yu.A.**

Effect of reclamation with phosphogypsum on the ecological status of chernozem soils of the Kamennaya Steppe..... 81

**Недикова Е.В., Куликова Е.В., Недиков К.Д.**

Совершенствование системы противозерозионных мероприятий в аграрных предприятиях Центрально-Черноземного региона

**Nedikova E.V., Kulikova E.V., Nedikov K.D.**

Improvement of the system of anti-erosion measures in agricultural enterprises of the Central Chernozem Region..... 90

---

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)

---

**Василенко В.В., Оробинский В.И., Василенко С.В., Посохов Д.Н.**

Разброс значений коэффициента парусности семян пшеницы при аэродинамической сепарации

**Vasilenko V.V., Orobinsky V.I., Vasilenko S.V., Posokhov D.N.**

Coefficient of sailing capacity of wheat seeds and its variations during aerodynamic separation ..... 98

**Михайлов В.С., Козлов В.Г., Дерканосова Н.М., Куликов А.С., Козлова Е.В.**

Моделирование движения семени по криволинейной траектории с постоянной скоростью в высевающем аппарате

**Mikhailov V.S., Kozlov V.G., Derkanosova N.M., Kulikov A.S., Kozlova E.V.**

Simulation of the motion of seeds along a curved trajectory with a constant speed in a seed-feeding device..... 106

**Беляев А.Н., Оробинский В.И., Тришина Т.В., Шередекин П.В.**

Обоснование геометрических параметров рулевой трапеции колесной машины

**Belyaev A.N., Orobinsky V.I., Trishina T.V., Sheredekin P.V.**

Substantiation of geometric parameters of steering linkage of a wheeled vehicle ..... 116

**Беляев А.Н., Афоничев Д.А., Тришина Т.В., Высоцкая И.А.**

Оценка параметров траектории входа в поворот колесной машины

**Belyaev A.N., Afonichev D.N., Trishina T.V., Vysotskaya I.A.**

Estimation of the curved trajectory parameters at coming into corner of a wheeled vehicle..... 124

**Бухтояров Л.Д., Малюков С.В., Лысыч М.Н.**

Кинематика рабочего органа посадочной машины, предназначенного для посадки сеянцев с открытой и закрытой корневой системой

**Bukhtoyarov L.D., Malyukov S.V., Lysych M.N.**

Kinematics of the working body of mechanical tree planter designed for planting bare-rooted and ball-rooted seedlings ..... 136

---

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)

---

**Афоничев Д.Н., Пилаев С.Н., Васильев В.В.**

Использование матричного преобразователя переменного  
напряжения в мобильной ветроэлектрической установке

**Afonichev D.N., Pilyaev S.N., Vasiliev V.V.**

The use of an alternating current matrix converter in a mobile wind turbine generator system ..... 145

---

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

---

**Агibalов А.В., Терновых К.С., Куренная В.В., Казаков М.Ю.**

Формирование пространственных полюсов роста сельской  
периферии в традиционно-аграрных регионах

**Agibalov A.V., Ternovuykh K.S., Kurennyaya V.V., Kazakov M.Yu.**

Formation of spatial growth poles of rural periphery in traditional agricultural regions ..... 157

**Калафатов Э.А.**

Стратегия устойчивого развития сельских территорий:  
новый взгляд в контексте экономических интересов

**Kalafatov E.A.**

New insight into the strategy for sustainable rural

development in the context of economic interests ..... 167

**Кадомцева М.Е.**

Обоснование приоритетных направлений развития агропродовольственного  
комплекса и механизмов его государственной поддержки (на примере  
муниципального района Республики Татарстан)

**Kadomtseva M.E.**

Substantiation of priority development fields of the agri-food complex and its state

support mechanisms (case study of the municipal district of the Republic of Tatarstan) ..... 178

**Авдеев Е.В., Маркова А.Л.**

Роль человеческого капитала в реализации потенциала сельского хозяйства ЦЧР

**Avdeev E.V., Markova A.L.**

Human capital and its role at realization of agricultural potential of the Central Chernozem Region ..... 195

**Меделяева З.П., Шилова Н.П.**

Состояние и тенденции развития трудовых ресурсов аграрной сферы Воронежской области

**Medelyaeva Z.P., Shilova N.P.**

Current state and development trends of human resources in Voronezh regional agrarian sector ..... 207

**Конкина В.С.**

Анализ эффективности реализации молока на внутреннем и внешнем продовольственном рынках

**Konkina V.S.**

Cost-effectiveness analysis of domestic and international sales of milk in the food markets ..... 218

**Тютюников А.А., Закшевская Т.В.**

Пространственный анализ развития производства молока в ЦЧР РФ

**Tutyunikov A.A., Zakshevskaya T.V.**

Spatial analysis of development of milk production in the Central

Chernozem Region of the Russian Federation ..... 228

**Закшевская Е.В., Шевцова Н.М.**

Динамика внешней торговли предприятий масложирового подкомплекса российского АПК

**Zakshevskaya E.V., Shevtsova N.M.**

Dynamics of foreign trade of enterprises in oil and fat subcomplex of the Russian Agro-Industrial Complex ..... 249

---

---

<b>Ловчикова Е.И., Зверева Г.П., Волчѐнкова А.С., Грудкина Т.И.</b> Альтернативные направления ведения предпринимательской деятельности в овощеводстве	
<b>Lovchikova E.I., Zvereva G.P., Volchenkova A.S., Grudkina T.I.</b> Alternative development of business activities in vegetable growing .....	258
<b>Звягин С.А., Ширококов В.Г., Артемов Е.С., Стрыгина И.Е., Чиркова М.Б.</b> Развитие методологии комплексной судебно-экономической экспертизы по делам о незаконном получении субсидий в сельском хозяйстве	
<b>Zvyagin S.A., Shirobokov V.G., Artemov E.S., Strygina I.E., Chirkova M.B.</b> Development of the methodology of comprehensive forensic economical examination in cases of illegal receiving subsidies in agriculture.....	269

---

#### 5.2.4. ФИНАНСЫ (ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

#### 5.2.4. FINANCE (ECONOMIC SCIENCES)

---

<b>Брянцева Л.В., Бичева Е.Е.</b> Инструменты обеспечения финансовой и налоговой безопасности региона	
<b>Bryantseva L.V., Bicheva E.E.</b> Economic management instruments for ensuring financial and tax security of the region .....	286
<b>Захарова К.А., Бабурина Н.А., Иванова Н.В.</b> Оценка влияния уплаты НДС плательщиками ЕСХН на динамику цен и изменение спроса на сельскохозяйственную продукцию	
<b>Zakharova K.A., Baburina N.A., Ivanova N.V.</b> Assessment of the impact of VAT payments by Single Agricultural Tax payers on price behavior and changes in agricultural products demand.....	294

---

#### НАУЧНАЯ ЖИЗНЬ SCIENTIFIC ACTIVITIES

---

Советы по защите докторских и кандидатских диссертаций, созданные на базе Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I	
Doctoral and candidate science-degree councils formed on the basis of Voronezh State Agrarian University .....	308
Информация для авторов	
Information for the authors .....	309



4.1.1. ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО  
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 631.51

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2023\_2\_13

EDN: CATCJY

**Влияние различных способов основной обработки почвы  
и удобрений на засоренность посевов и урожайность ячменя****Анатолий Владимирович Дедов<sup>1✉</sup>, Вячеслав Анатольевич Шевченко<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,  
Воронеж, Россия<sup>2</sup>Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева,  
Таловский район, Воронежская область, Россия<sup>1</sup>dedov050@mail.ru<sup>✉</sup>

**Аннотация.** Представлены результаты исследований, проведенных в 2011–2022 гг. в центре южной части Воронежской области на черноземе обыкновенном с целью изучения влияния различных способов основной обработки почвы на засоренность и урожайность ярового ячменя. Изучали следующие способы обработки почвы: отвальная обработка (вспашка) на глубину 20–22 см – контроль, безотвальная обработка на глубину 20–22 см, поверхностная обработка (дисковое лущение) на глубину 8–10 см, нулевая обработка (прямой посев). Установлено, что максимальное снижение засоренности посевов обеспечивает отвальная вспашка на глубину 20–22 см. Снижение интенсивности основной обработки почвы увеличивало степень засоренности посевов в 1,38–2,34 раза, при этом применение гербицидов позволяет устранять данный негативный эффект приемов минимизации. На момент уборки ячменя доля сорняков в общей биомассе агрофитоценоза ячменя была в пределах 1,5% на контроле и от 1,7 до 2,9% – на фоне приемов минимизации. В условиях Воронежской области на черноземе обыкновенном при ресурсосберегающей обработке почвы для максимального уничтожения сорняков, получения урожая зерна ячменя от 3,68 до 4,08 т/га целесообразно применение гербицидов. При нулевой обработке после уборки предшественника применяли гербицид Торнадо 500, ВР с нормой расхода 2,0 л/га, а в фазе кущения ячменя на всех вариантах опыта – гербицид Балерина, СЭ с нормой расхода 0,4 л/га. Расчет энергетической эффективности показал, что при выращивании ячменя на контроле и на вариантах применения поверхностной и безотвальной обработок коэффициент энергетической эффективности был низким – соответственно 2,28; 2,93 и 2,43 и на варианте применения нулевой обработки – средним – 4,01.

**Ключевые слова:** способ основной обработки почвы, ячмень, сорные растения, гербициды, урожайность, энергетическая эффективность

**Для цитирования:** Дедов А.В., Шевченко В.А. Влияние различных способов основной обработки почвы и удобрений на засоренность посевов и урожайность ячменя // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 2(77). С. 13–23. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_13](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_13)–23.

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

Original article

**Effect of various methods of basic tillage and fertilizers  
application on the weediness of crops and barley yield****Anatoliy V. Dedov<sup>1✉</sup>, Vyacheslav A. Shevchenko<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia<sup>2</sup>Voronezh Federal Agricultural Scientific Centre named after V.V. Dokuchaev,  
Talovsky District, Voronezh Oblast, Russia<sup>1</sup>dedov050@mail.ru<sup>✉</sup>

**Abstract.** The authors present the results of research conducted in 2011–2022 in the center of the southern part of Voronezh Oblast on ordinary chernozem in order to study the effect of various methods of basic tillage on weed infestation and yield of spring barley. The following methods of tillage were studied: moldboard treatment (plowing) to the depth of 20–22 cm – control; non-moldboard treatment to the depth of 20–22 cm; surface tillage (disk treatment) to the depth of 8–10 cm; zero treatment (direct sowing). It has been established that the maximum reduction in weed infestation of crops is provided by moldboard treatment to the depth of 20–22 cm. Reducing the intensity of basic tillage increased the degree of crop infestation by 1.38–2.34 times, while the use of herbicides

allowed eliminating this negative effect of minimization techniques. At the time of harvesting barley the share of weeds in the total biomass of barley agrophytocenosis was within the range of 1.5% in the control variant and from 1.7 to 2.9% against the background of techniques minimization. In the conditions of Voronezh Oblast on ordinary chernozem with resource-saving tillage for maximum weed elimination and obtaining a harvest of barley grain from 3.68 to 4.08 t/ha, it is advisable to use herbicides. With zero treatment after harvesting the first crop, the Tornado 500, WS herbicide was used with the application rate of 2.0 l/ha, and in the phase of tillering barley the Ballerina, SE herbicide was used in all experimental variants with the application rate of 0.4 l/ha. The calculation of energy efficiency showed that when growing barley in the control and in the variants of surface and non-moldboard treatments, the energy efficiency coefficient was low (2.28, 2.93 and 2.43, respectively), and medium (4.01) in the variant of zero treatment.

**Keywords:** method of basic tillage, weeds, herbicides, barley, yield, energy efficiency

**For citation:** Dedov A.V., Shevchenko V.A. Effect of various methods of basic tillage and fertilizers application on weed infestation of crops and barley yield. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(2):13-23. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_13-23](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_13-23).

## **В** ведение

Одной из основных зерновых культур севооборотов в Воронежской области является ячмень, при выращивании которого важную роль играет система обработки почвы. На выбор способа основной обработки почвы влияют многие факторы, в том числе метеорологические условия года, наличие техники в хозяйстве, засоренность посевов предшественника и др.

Различные системы основной обработки почвы по-разному влияют на условия жизни не только культурных, но и сорных растений. Особое значение для эффективной борьбы с сорняками имеют глубина обработки и мощность обрабатываемых слоев почвы, потому что именно от них зависит перераспределение семян и вегетативных зачатков в почве, а также их жизнеспособность [14].

Каждый способ основной обработки почвы имеет свои преимущества и недостатки [10], которые по-разному проявляются в отдельные годы. Одни ученые отдают предпочтение вспашке под ячмень [2, 3, 4, 12], другие – плоскорезной [7, 13, 14, 16] или мелкой мульчирующей [5, 9] обработкам.

Для совершенствования технологии возделывания ячменя требуются новые экспериментальные данные по выявлению влияния способов основной обработки почвы на засоренность и продуктивность культуры, поэтому изучение влияния различных способов основной обработки почвы на фоне применения гербицидов для борьбы с сорными растениями в посевах ячменя является актуальным направлением исследований, имеющим важное практическое значение.

### **Условия и методика проведения исследований**

Исследования по изучению влияния различных способов основной обработки почвы на засоренность посевов и урожайность ячменя проводились в 2011–2020 гг. в полевом опыте на базе сельхозпредприятия ЗАО «Павловская Нива», расположенного в центре южной части Воронежской области. Это хозяйство с хорошим материально-техническим оснащением и высокой культурой земледелия. Однако территория его землепользования отличается сложным рельефом, значительная площадь пашни расположена на склонах с неглубоким гумусовым горизонтом и развитыми процессами эрозии, что вызывает необходимость минимизировать обработку почвы.

**Цель исследования** – разработать наиболее эффективные способы основной обработки почвы с использованием растительных остатков на органические удобрения при возделывании ярового ячменя.

Для достижения поставленной цели был заложен полевой опыт со следующей схемой севооборота: ½ горох, ½ соя – озимая пшеница – ½ кукуруза на зерно, ½ подсолнечник – ячмень.

Схема опыта предусматривала сравнительное изучение различных способов основной обработки почвы под ячмень.

1. Отвальная обработка почвы (вспашка) на глубину 20–22 см.
2. Безотвальная обработка почвы на глубину 20–22 см.
3. Поверхностная обработка почвы (дисковое лушение) на глубину 8–10 см.
4. Нулевая обработка (прямой посев).

При выращивании ячменя вносили различные удобрения по вариантам.

1. Контроль – без удобрений (0).
2. 10 кг д. в.  $\text{NH}_3$  на тонну соломы (N).
3. 10 кг д. в.  $\text{NH}_3$  на тонну соломы + 80 г/га препарата Стернифаг, СП (N + C).

Стернифаг, СП представляет собой современный эффективный почвенный биологический фунгицид на основе микроскопического гриба *Trichoderma harzianum*, разработан с целью ускорения разложения стерни и соломы злаковых, сои, кукурузы, подсолнечника, а также подавления фитопатогенов на растительных остатках и в почве.

Почвы представлены черноземом обыкновенным среднегумусовым среднетяжелым, тяжелосуглинистым со следующими агрохимическими показателями (слой 0–30 см):

- содержание гумуса по Тюрину – 6,0%;
- содержание подвижного фосфора – 81 мг/кг почвы, обменного калия – 169 мг/кг почвы;

- $\text{pH}_{\text{КС1}}$  – 6,6;

- гидролитическая кислотность – 1 мг-экв/100 г почвы;

- сумма обменно-поглощенных катионов Са – 28,8 мг-экв/100 г почвы;

- сумма обменно-поглощенных катионов Mg – 2,8 мг-экв/100 г почвы.

Опыт закладывали в трехкратной повторности, размещение делянок – систематическое, размер делянки по обработке почвы –  $84 \times 120 = 10\,080 \text{ м}^2$ , делянки делили на четыре части (метод расщепленных делянок). Размер делянок второго порядка –  $21 \times 120 = 2\,520 \text{ м}^2$ , учетной делянки –  $6 \times 100 = 600 \text{ м}^2$ .

Технология возделывания ячменя сорта Вакула, за исключением изучаемых факторов, была общепринятой для ЦЧР. В систему обработки почвы на первом и втором вариантах, кроме отвальной обработки (вспашки), включали приемы предпосевной и послепосевной обработки, рекомендованные для зоны. На варианте нулевой обработки почвы ячмень высевали по технологии прямого посева специальной сеялкой Fabimag FG-01.

При нулевой обработке почвы после уборки предшественника применяли гербицид Торнадо 500, ВР с нормой расхода 2,0 л/га.

На всех вариантах опыта в фазе кущения ячменя применяли гербицид Балерина, СЭ с нормой расхода 0,4 л/га.

Гидротермические условия вегетационных периодов в 2011–2015, 2017, 2018 и 2020 гг. характеризовались как засушливые ( $\text{ГТК} < 1,0$ ), в 2016, 2019, 2021 и 2022 гг. – как недостаточно увлажненные ( $\text{ГТК} = 1,0–1,3$ ) [1], что оказало влияние на показатели плодородия почвы и урожай зерно ячменя.

Учет засоренности посевов ячменя проводили в два срока – весной в фазе кущения культуры (перед химической прополкой посевов – количественным методом) и перед уборкой (количественно-весовым методом). Подсчет количества и определение видового состава сорных растений выполняли с помощью рамки размером  $0,25 \times 0,25 \text{ м}$  в четырехкратной повторности [15].

Учет урожайности проводили поделочно, методом сплошного обмолота учетной делянки и последующей подработкой с приведением к стандартной влажности и 100% чистоте [11].

Статистическую обработку и дисперсионный анализ полученных экспериментальных данных проводили по методике Б.А. Доспехова [6] с использованием типовых программ ПЭВМ.

Энергетическую эффективность рассчитывали по методике, разработанной сотрудниками Воронежского ГАУ [8].

### Результаты и их обсуждение

Подсчет количества сорных растений в начале роста и развития ярового ячменя показал, что во все годы исследования сорный компонент агрофитоценоза ячменя на всех вариантах основной обработки почвы состоял из малолетников (90–96% общего обилия сорняков в посевах). Наиболее распространенными среди них были щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L.), марь белая (*Chenopodium album* L.), горчица полевая (*Sinapis arvensis* L.), щетинники (*Setaria pumila*, *Setaria viridis* L.), гречишка вьюнковая (*Fallopia convolvulus* L.), гречишка развесистая (*Persicaria lapathifolia* L.), подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.), пикульник красивый (*Galeopsis speciose* Mill.), латук компасный (*Lactuca serriola* L.), ярутка полевая (*Thlaspi arvense* L.).

Многолетние сорняки были представлены такими корнеотпрысковыми видами, как бодяк полевой (*Cirsium arvense* L.), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.), осот полевой (*Sonchus arvensis* L.). Корневищный сорняк – пырей ползучий (*Elytrigia repens* L.) – отмечен только на варианте нулевой обработки.

Анализ уровня засоренности малолетними сорняками по вариантам опыта показал (табл. 1), что меньше всего их было на варианте применения отвальной обработки (контроль) – 23,5 шт./м<sup>2</sup>, однако и это количество превышало экономический порог вредности (ЭПВ), который равен 16–20 шт./м<sup>2</sup>.

Дополнительное внесение на фоне отвальной обработки (вспашки) минеральных удобрений повышало засоренность на 12%, совместное внесение минеральных удобрений и препарата Стернифаг – на 7%.

Таблица 1. Засоренность посевов ячменя в начале вегетации в зависимости от способа основной обработки почвы и удобрений, шт./м<sup>2</sup> (2011–2022 гг.)

Варианты обработки	Удобрения	Сорняки			Среднее по обработке	Отклонение от контроля, %
		малолетние	многолетние	всего		
Отвальная на глубину 20–22 см (контроль)	0	23,5	1,1	24,5	26,4	100
	N	26,4	1,8	28,2		
	N + C	25,2	1,3	26,5		
Безотвальная на глубину 20–22 см	0	22,9	2,0	24,9	32,9	24,5
	N	34,1	3,0	37,1		
	N + C	34,3	2,4	36,7		
Поверхностная на глубину 8–10 см	0	31,9	3,0	34,9	41,6	57,6
	N	42,5	3,2	45,7		
	N + C	40,5	3,7	44,2		
Нулевая (прямой посев)	0	45,2	3,9	49,1	51,6	95,3
	N	47,8	4,2	52,0		
	N + C	48,9	4,7	53,6		

При замене отвальной обработки на безотвальную среднее количество сорняков увеличивалось до 32,9 шт./м<sup>2</sup>, или на 24,5% по сравнению с контролем. Дополнительное внесение на этом фоне минеральных удобрений повышало их количество на 49,0%, совместное внесение минеральных удобрений и препарата Стернифаг – на 48,0%.

При замене отвальной обработки на поверхностную засоренность в среднем повышалась до 41,6 шт./м<sup>2</sup>, или на 57,6% по сравнению с контролем. Дополнительное внесение на этом фоне минеральных удобрений повышало их количество на 31,0%, а совместное внесение минеральных удобрений и препарата Стернифаг – на 26,6%.

При замене отвальной обработки на нулевую среднее количество сорняков увеличивалось до 51,6 шт./м<sup>2</sup>, или на 95,3% по сравнению с контролем. Дополнительное внесение на этом фоне минеральных удобрений повышало их количество на 5,9%, а совместное внесение минеральных удобрений и препарата Стернифаг – на 9,2%.

Во все годы исследований при снижении интенсивности обработки почвы происходит увеличение числа всходов малолетних сорных растений: на вариантах применения безотвальной и поверхностной обработок почвы количество их всходов увеличивалось относительно вспашки в среднем на 21,6 и 53,0%, при этом их численность на данных вариантах опыта превышала ЭПВ.

Сравнительная фитосанитарная оценка изучаемых в опыте приемов минимизации обработки почвы (безотвальная и поверхностная обработки) выявила увеличение как малолетней части сорного компонента, так и многолетней.

Максимальный уровень засоренности посевов ячменя отмечен на варианте применения нулевой обработки почвы. Несмотря на то что технология прямого посева предусматривала двукратное использование на полях гербицидов сплошного действия (осенью во время массового появления пожнивных сорняков и весной до всходов культуры), количество всходов малолетних сорняков на данном варианте опыта превышало их численность на контрольном варианте (вспашка) в среднем в 1,9 раза, а многолетних – в 3,0 раза. Засоренность малолетними и многолетними сорняками на вариантах применения энергосберегающих приемов обработки почвы (безотвальная и поверхностная обработки) в среднем повышалась соответственно на 24,5 и 57,6%.

Таким образом, проведенные исследования показали, что уровень засоренности в посевах ячменя в начале вегетации зависит от способа обработки почвы. Меньшее число сорняков прорастает на варианте отвальной обработки почвы, но при этом засоренность как малолетними однодольными, двудольными и многолетними корнеотпрысковыми сорняками превышала экономический порог вредоносности (ЭПВ), поэтому посеги ячменя подлежали химической прополке.

Изучаемые в опыте энергосберегающие приемы обработки почвы – безотвальная обработка на глубину 20–22 см и поверхностная обработка (дисковое рыхление) на глубину 8–10 см – способствовали увеличению общего уровня засоренности на 24,5–57,6% и требовали обязательного внесения гербицидов.

На варианте нулевой обработки, в связи с концентрацией семян сорняков на поверхности почвы весной, после посева происходит их массовое прорастание. В среднем за 12 лет плотность сорняков на 1 м<sup>2</sup> на этом варианте увеличивалась по сравнению с контролем в 1,95 раза, относительно безотвальной обработки – в 1,24 и поверхностной обработки – в 1,57 раза.

При нулевой обработке почвы после уборки предшественника применяли гербицид Торнадо 500, ВР с нормой расхода 2,0 л/га.

В фазе кущения ячменя на всех вариантах опыта проводили обработку посевов гербицидом Балерина, СЭ с нормой расхода 0,4 л/га. Эффективность ее проведения оценивалась в межфазный период цветения – созревания культуры, то есть через 40–50 дней после обработки.

Таблица 2. Засоренность посевов ячменя перед уборкой в зависимости от способа основной обработки почвы и удобрений, шт./м<sup>2</sup> (2011–2022 гг.)

Варианты обработки	Удобрения	Сорняки			Среднее по обработке	Отклонение от контроля, %
		малолетние	многолетние	всего		
Отвальная на глубину 20–22 см (контроль)	0	5,0	0	5,0	5,8	100
	N	5,4	1,1	6,5		
	N + C	5,2	0,8	6,0		
Безотвальная на глубину 20–22 см	0	6,4	1,6	8,0	8,0	38,0
	N	7,3	1,4	8,7		
	N + C	6,2	1,1	7,3		
Поверхностная на глубину 8–10 см	0	7,1	1,9	9,0	10,0	72,4
	N	8,5	2,5	11,0		
	N + C	7,2	2,8	10,0		
Нулевая (прямой посев)	0	8,3	4,1	12,4	13,3	129,3
	N	9,1	4,4	13,5		
	N + C	9,7	4,4	14,1		

Анализ видового состава сорняков показал (табл. 3), что в отличие от начала вегетации основной фон засоренности перед уборкой составляли однолетние злаковые сорняки, на которые гербицид не оказывал никакого действия. При этом следует заметить, что данные виды сорняков, представленные в основном щетинниками, находились в посевах ячменя в нижнем ярусе и не представляли угрозы урожаю культуры. Общий уровень накопления ими воздушно-сухой массы (табл. 3) был несущественным и варьировал по вариантам опыта от 12,8 до 22,0 г/м<sup>2</sup>.

Таблица 3. Накопление сухой биомассы ячменем и сорняками при различных способах основной обработки почвы, удобрений, г/м<sup>2</sup>

Варианты обработки	Биологическая масса ячменя, г/м <sup>2</sup>	Воздушно-сухая масса сорняков, г/м <sup>2</sup>			Процент сорняков в общей биомассе
		малолетние	многолетние	всего	
Отвальная на глубину 20–22 см (контроль)	820	12,1	0,7	12,8	1,5
Безотвальная на глубину 20–22 см	849	12,7	2,2	14,9	1,7
Поверхностная на глубину 8–10 см	801	15,4	3,1	18,5	2,3
Нулевая (прямой посев)	730	16,8	5,2	22,0	2,9

При оценке динамики численности многолетних сорняков было отмечено, что их общая плотность (табл. 3) не изменялась относительно предыдущего срока учета и сохранялась практически на прежнем уровне и в той же зависимости. Также проведенные наблюдения показали, что данные экземпляры сорняков отрастали уже после химической прополки, когда растения ячменя накапливали значительную биомассу: в этот период они были уже хорошо развиты, поэтому могли успешно конкурировать с сорняками и подавлять их ценотически.

Таким образом, даже на варианте нулевой обработки общая воздушно-сухая масса многолетних сорных растений в среднем за три года не превышала 5,2 г/м<sup>2</sup>. Однако, несмотря на незначительную биомассу, данные растения продолжали развиваться, поэтому в условиях минимизации основной обработки почвы необходимо в послеуборочный период уделять особое внимание численности многолетних сорняков.

В целом химическая прополка посевов ячменя на всех вариантах опыта вне зависимости от начального уровня засоренности посевов обеспечивала высокий биологический эффект, снижая число и массу сорняков в его посевах до хозяйственно неощутимых размеров. Из группы малолетних однодольных сорняков на посевах ячменя в первоначальном периоде наблюдения преобладал щетинник зеленый (*Setaria viridis* (L.) P. Beauv.). В четырехпольном севообороте, начиная с ротации 2, на вариантах применения поверхностной и нулевой обработок почвы стали появляться овсюг обыкновенный (*Avena fatua* L.) и эгилопс цилиндрический (*Aegilops cylindrica* Host), причем эгилопс за последние 3 года удвоил свою численность. По наблюдениям агрономов, этот сорняк появился на территории области недавно в связи с широким распространением сортов озимой пшеницы краснодарской селекции. Распространению способствуют высокие дозы азотных удобрений, внесение измельченной соломы на удобрение, переход к использованию приемов минимальной обработки почвы, в том числе технологии No-till, применение которых, при всех их положительных почво- и ресурсосберегающих характеристиках, приводит к значительному ухудшению фитосанитарной обстановки, особенно в первые годы.

Из группы малолетних двудольных сорняков присутствуют щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L.), щирица жминдовидная (*Amaranthus blitoides* S. Wats.), лебеда раскидистая (*Atriplex tatarica* L.), марь белая (*Chenopodium album* L.), горчица полевая (*Sinapis arvensis* L.), дурнишник калифорнийский (*Xanthium strumarium* L.). Численность этой группы сорняков за период проведения исследований варьировала незначительно. Основные изменения напрямую зависели от климатических особенностей года.

Из группы зимующих сорняков учитывались следующие: латук дикий (*Lactuca serriola* L.), пастушья сумка (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.), подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.), фиалка полевая (*Viola arvensis* Murray), ярутка пронзённолистная (*Thlaspi perfoliatum* L.).

Из многолетних сорняков отмечены латук татарский (*Lactuca tatarica* (L.) C.A. Mey), полынь горькая (*Artemisia vulgaris* L.), свиной пальчатый (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.), бодяк полевой (*Cirsium arvense* L.), молочай лозный (*Euphorbia virgata* Waldst. & Kit.). Необходимо отметить, что при поверхностной и нулевой обработках почвы увеличивалась численность полыни горькой (*Artemisia vulgaris* L.) и молочая лозного (*Euphorbia virgata* Waldst. & Kit.).

Таким образом, снижение интенсивности обработки почвы приводит к увеличению засоренности посевов, но применение современных высокоизбирательных гербицидов позволяет без ущерба устранять данное негативное проявление приемов минимизации. Полученные данные показывают, что на момент уборки культуры доля сорняков в общей биомассе агрофитоценоза ячменя находилась в пределах 1,5–2,9% на вариантах применения отвальной (контроль) и нулевой обработок.

Главным критерием эффективности выращивания сельскохозяйственных культур при различных обработках почвы является снижение затрат энергии на производство продукции. Современное сельскохозяйственное производство потребляет значительное количество техногенной энергии. По оценкам ученых [8], доля агропромышленного комплекса в энергобюджете различных стран составляет от 5 до 28–40%. Необходимость все возрастающего увеличения производства сельскохозяйственной продукции вынуждает вкладывать в сельское хозяйство с каждым годом все больше и больше энергии, хотя рост производства сельскохозяйственной продукции далеко не всегда адекватен затратам.

Для более объективной оценки эффективности возделывания ячменя при различных способах обработки почвы рассчитывают энергетическую эффективность. Экономическая оценка может быть ошибочной, так как она зависит от конъюнктурных цен на сырье. Расчет энергетической эффективности возделывания сельскохозяйственных культур дает возможность получить более объективную информацию.

Критерием биоэнергетической оценки агротехнологий возделывания ячменя является коэффициент энергетической эффективности, который рассчитывают как отношение выхода энергии с урожаем основной продукции к затратам энергии на ее возделывание. Если этот коэффициент меньше 1,0, то энергетическая эффективность отсутствует, если находится в интервале 1–3 – низкая, 3–5 – средняя, 5–10 – высокая [8].

При определении энергетической эффективности изучаемых приемов использовали методические разработки сотрудников Воронежского ГАУ [8].

Как показали выполненные расчеты (табл. 4), при выращивании ячменя на фоне отвальной обработки на глубину 20–22 см затраты техногенной энергии были 4,8 ГДж/га.

**Таблица 4. Эффективность затрат энергии на выращивание ячменя в зависимости от способов основной обработки почвы, внесения удобрений и препарата Стернифог (в среднем за 2011–2022 гг.)**

Варианты обработки	Удобрения	Урожайность ячменя, т/га	Затраты техногенной энергии, ГДж/га	Выход энергии, ГДж/га		Коэффициент энергетической эффективности (КЭЭ)
				с нетоварной частью	с урожаем основной продукции	
Отвальная на глубину 20–22 см (контроль)	0	4,24	4,8	3,33	7,63	2,28
	N	4,41	4,9	3,46	7,93	2,32
	N + C	3,66	4,9	2,87	6,59	1,93
Безотвальная на глубину 20–22 см	0	3,77	4,0	2,96	6,79	2,43
	N	3,93	4,1	3,08	7,07	2,48
	N + C	3,68	4,1	2,89	6,62	2,32
Поверхностная на глубину 8–10 см	0	4,08	3,6	3,20	7,34	2,93
	N	4,08	3,8	3,20	7,34	2,77
	N + C	3,63	3,8	2,85	6,53	2,47
Нулевая (прямой посев)	0	4,19	2,7	3,29	7,54	4,01
	N	4,30	2,8	3,37	7,74	3,96
	N + C	3,61	2,8	2,84	6,50	3,34

Примечание: энергоёмкость основной продукции – 1,8 ГДж; побочной – 0,785 ГДж.

На вариантах применения безотвальной, поверхностной и нулевой обработок затраты техногенной энергии снижались соответственно на 0,8, 1,2 и 2,1 ГДж/га.

При выращивании ячменя на фоне отвальной обработки коэффициент энергетической эффективности составил 2,28. На варианте безотвальной обработки при сниже-



нии урожайности ячменя на 0,47 т/га отмечено увеличение коэффициента энергетической эффективности на 0,15 за счет снижения энергозатрат на 0,8 ГДж/га.

На варианте поверхностной обработки при снижении урожайности ячменя на 0,16 т/га отмечено увеличение коэффициента энергетической эффективности на 0,65 за счет снижения энергозатрат на 1,2 ГДж/га.

Аналогичная зависимость отмечена при нулевой обработке: при несущественном снижении урожайности ячменя (на 0,05 т/га) КЭЭ увеличился на 1,73 по сравнению с контролем за счет снижения затрат энергии на 2,1 ГДж/га.

Эффективность способов основной обработки варьировала в зависимости от применения минеральных удобрений, препарата Стернифаг и гербицидов. При применении минеральных удобрений и гербицидов наибольший урожай получен на варианте отвальной обработки – 4,41 т/га (КЭЭ = 2,32). Приемы минимизации (поверхностная и безотвальная обработки) снижали урожай зерна на 0,33–0,48 т/га при КЭЭ = 2,77 и КЭЭ = 2,48 соответственно, в то время как на варианте нулевой обработки урожайность ячменя была 4,30 т/га при КЭЭ = 3,96.

Дополнительное внесение на фоне минеральных удобрений препарата Стернифаг позволило получить на контроле 3,66 т/га зерна ячменя при КЭЭ = 1,93. Приемы минимизации (поверхностная, безотвальная и нулевая обработки) обеспечивали урожайность ячменя на уровне контроля при разных значениях КЭЭ – соответственно 2,47; 2,32 и 3,34.

Анализ энергозатрат показал, что при выращивании ячменя на фоне отвальной обработки (контроль) и на вариантах применения безотвальной и поверхностной обработок коэффициент энергетической эффективности имел низкие значения и составлял соответственно 2,28; 2,43 и 2,93. На варианте применения нулевой обработки коэффициент энергетической эффективности имел низкие значения и составлял 4,01.

### **Выводы**

Исследования, проведенные в 2011–2022 гг. на черноземе обыкновенном в условиях Воронежской области, позволили выявить лучший способ основной обработки почвы под ячмень в сочетании с гербицидами для борьбы с сорняками в посевах этой культуры в период вегетации.

Минимальная засоренность посевов ячменя отмечена при применении отвальной обработки почвы (вспашка) на глубину 20–22 см. Снижение интенсивности обработки почвы приводит к увеличению засоренности посевов в 1,38–2,34 раза, при этом применение гербицидов позволяет без ущерба устранять данный негативный эффект приемов минимизации: на момент уборки ячменя доля сорняков в общей биомассе агрофитоценоза ячменя находилась на уровне 1,5% на контроле, а на фоне приемов минимизации варьировала от 1,7 до 2,9%.

В условиях Воронежской области на черноземе обыкновенном при ресурсосберегающей обработке почвы для максимального уничтожения сорняков, получения урожая зерна ячменя от 3,68 до 4,08 т/га целесообразно применение гербицидов. При нулевой обработке после уборки предшественника применяли гербицид Торнадо 500, ВР с нормой расхода 2,0 л/га, а в фазе кущения ячменя на всех вариантах опыта – гербицид Балерина, СЭ с нормой расхода 0,4 л/га.

На варианте применения отвальной обработки почвы урожайность ячменя составила 4,24 т/га. При применении безотвальной, поверхностной и нулевой обработок урожай зерна снижался соответственно на 0,47 т/га, 0,16 и 0,05 т/га.

При выращивании ячменя на фоне отвальной обработки (контроль) и на вариантах применения безотвальной и поверхностной обработок коэффициент энергетической эффективности в среднем был низким и составлял соответственно 2,28; 2,43 и 2,93, а на варианте применения нулевой обработки – средним (4,01).

**Список источников**

1. Агрометеорологические бюллетени по Воронежской области за 2011–2020 годы [Электронный ресурс] // Воронежский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, филиал Центрально-Черноземного управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. URL: <https://www.meteorf.gov.ru/activity/gidrometeo/> (дата обращения: 02.03.2022).
2. Беседин Н.В., Митина Н.П., Чернышева Н.М. Ресурсосберегающие приемы основной обработки почвы в севооборотах Центрального Черноземья // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2009. № 3(58). С. 124–126.
3. Борин А.А., Лощинина А.Э. Технологии возделывания полевых культур при уменьшении интенсивности воздействия на почву // Инновационные направления интеграции науки, образования и производства: сборник тезисов докладов участников II международной научно-практической конференции (Керчь, 19–23 мая 2021 г.). Керчь: ФГБОУ ВО Керченский государственный морской технологический университет, 2021. С. 74–77.
4. Гармашов В.М., Корнилов И.М., Нужная Н.А. Урожайность и качество ярового ячменя на фоне различных по интенсивности обработок // Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 3(35). С. 121–127.
5. Денисов Е.П., Солодовников А.П., Четвериков Ф.П. и др. Влияние приемов минимизации обработки почвы и применения гербицидов на продуктивность ячменя в Поволжье // Нива Поволжья. 2013. № 1(26). С. 7–11.
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. Дубовик Е.В., Дубовик Д.В., Морозов А.Н., Шумаков А.В. Минимизация основной обработки почвы в условиях Курской области // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36, № 8. С. 49–54. DOI: 10.53859/02352451\_2022\_36\_8\_49.
8. Зезюков Н.И., Придворев Н.И., Дедов А.В. Методические указания по расчету энергетической эффективности агротехнологий с использованием ПЭВМ. Воронеж: Воронежский ГАУ, 1993. 45 с.
9. Каргин В.И., Немцев С.Н., Мандров Н.П., Перов Н.А. Система основной обработки выщелоченного чернозема // Достижения науки и техники АПК. 2007. № 4. С. 44–45.
10. Кирюшин В.И. Минимизация обработки почвы: перспективы и противоречия // Земледелие. 2006. № 5. С. 11–14.
11. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск второй. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. Москва: Калининская областная типография, 1989. 194 с.
12. Плещачев Ю.Н., Борисенко И.Б., Мисюржев И.А. и др. Инновационные способы обработки почв при возделывании ячменя // Плодородие. 2012. № 6. С. 18.
13. Трофимова Т.А. Приемы основной обработки деградированных почв ЦЧР // Агротехнологии XXI века: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 105-летию Воронежского государственного аграрного университета (Воронеж, 25–27 апреля 2017 г.). Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2017. С. 6–14.
14. Турусов В.И., Корнилов И.М., Нужная Н.А. Фитосанитарное состояние посевов на различных элементах агроландшафта // Земледелие. 2011. № 5. С. 41–42.
15. Фисюнов А.В., Воробьев Н.Е., Матюха Л.А. Методические рекомендации по учету и картированию засоренности посевов; под общей ред. д-ра с.-х. наук А.В. Фисюнова. Днепропетровск: [б. и.], 1974. 71 с.
16. Шабалкин А.В., Воронцов В.А., Скорочкин Ю.П. Эффективность различных способов основной обработки почвы и средств интенсификации в борьбе с засоренностью посевов ячменя // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 2(30). С. 139–144. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11104.

**References**

1. Agrometeorologicheskie byulleteni po Voronezhskoj oblasti za 2011-2020 gody. Voronezhskij centr po gidrometeorologii i monitoringu okružhayushchej sredy, filial Tsentral'no-Chernozemnogo upravleniya po gidrometeorologii i monitoringu okružhayushchej sredy [Agrometeorological bulletins for Voronezh Oblast. 2011-2020. Voronezh Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring, branch of the Central Chernozem Department for Hydrometeorology and Environmental Monitoring]. URL: <https://www.meteorf.gov.ru/activity/gidrometeo/>. (In Russ.).
2. Besedin N.V., Mitina N.P., Chernysheva N.M. Resursosberegayushchie priemy osnovnoj obrabotki pochvy v sevooborotakh Tsentral'nogo Chernozem'ya [Main resource saving tillage techniques in crop rotation of the Central Chernozem Region]. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki = Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural Sciences*. 2009;3(58):124-126. (In Russ.).
3. Borin A.A., Loshchinina A.E. Tekhnologii vozdeylvaniya polevykh kul'tur pri umen'shenii intensivnosti vozdeystviya na pochvu [Technologies of cultivation of field crops in reducing the intensity of the impact on the soil]. *Innovatsionnye napravleniya integratsii nauki, obrazovaniya i proizvodstva: sbornik tezisev dokladov uchastnikov II mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii (Kerch', 19-23 maya 2021 g.)* [Innovative directions of integration of science, education and production: Collection of abstracts of participants of the II International Research-to-Practice Conference (Kerch, May 19-23, 2021)]. Kerch: Kerch State Maritime Technological University Press; 2021:74-77. (In Russ.).

4. Garmashov V.M., Kornilov I.M., Nuzhnaya N.A. Urozhajnost' i kachestvo yarovogo yachmenya na fone razlichnykh po intensivnosti obrabotok [Productivity and quality of summer barley on the background of various intensity of soil tillage]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury = Legumes and Groat Crops*. 2020;3(35):121-127. (In Russ.).
5. Denisov E.P., Solodovnikov A.P., Chetverikov F.P. et al. Vliyanie priemov minimizatsii obrabotki pochvy i primeneniya gerbitsidov na produktivnost' yachmenya v Povolzh'e [The influence of minimum soil treatment and herbicides application methods on barley crop productivity in Volga area]. *Niva Povolzhya = Volga Region Farmland*. 2013;1(26):7-11. (In Russ.).
6. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy): uchebnoe posobie. 5-e izd., dop. i pererab. [Field-plot Technique (with the Basics of Statistical Processing of Results of Research and Experiments): study guide. 5<sup>th</sup> edition, revised and enlarged]. Moscow: Agropromizdat Press; 1985. 351 p. (In Russ.).
7. Dubovik E.V., Dubovik D.V., Morozov A.N. et al. Minimizatsiya osnovnoy obrabotki pochvy v usloviyakh Kurskoj oblasti [Main tillage minimization under the conditions of Kursk Oblast]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology in AIC*. 2022;36(8):49-54. DOI: 10.53859/02352451\_2022\_36\_8\_49. (In Russ.).
8. Zezyukov N.I., Pridvorev N.I., Dedov A.V. Metodicheskie ukazaniya po raschetu energeticheskoy effektivnosti agrotekhnologiy s ispol'zovaniem PEVM [Methodological guidelines for calculating the energy efficiency of agricultural technologies using PC]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 1993. 45 p. (In Russ.).
9. Kargin V.I., Nemtsev S.N., Mandrov N.P. et al. Sistema osnovnoy obrabotki vyshchelochennogo chernozema [System of basic treatment of leached chernozem]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology in AIC*. 2007;4:44-45. (In Russ.).
10. Kiryushin V.I. Minimizatsiya obrabotki pochvy: perspektivy i protivorechiya [Minimum tillage: prospects and contradictions]. *Zemledelie = Zemledelie*. 2006;5:11-14. (In Russ.).
11. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyajstvennykh kul'tur. Vypusk vtoroj. Zernovye, krupyanye, zernobobovye, kukuruza i kornovye kul'tury [Methodology of state variety testing of agricultural crops. Issue two. Cereals, groats, legumes, corn and fodder crops]. Moscow: Kalinin Regional Printing House; 1989. 194 p. (In Russ.).
12. Pleskachev Yu.N., Borisenko I.B., Misyuryaev I.A. et al. Innovatsionnye sposoby obrabotki pochv pri vozdel'nyanii yachmenya [Innovative tillage practices for barley growing]. *Plodородie = Plodородie*. 2012;6:18. (In Russ.).
13. Trofimova T.A. Priemy osnovnoy obrabotki degradirovannykh pochv CChR [Methods of basic cultivation of degraded soils of the Central Chernozem Region]. Agrotekhnologii XXI veka: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoj 105-letiyu Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Voronezh, 25-27 aprelya 2017 g.) [Agrotechnologies of the XXI century: Proceedings of the International Research-to-Practice Conference dedicated to the 105<sup>th</sup> anniversary of Voronezh State Agrarian University (Voronezh, April 25-27, 2017)]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2017:6-14. (In Russ.).
14. Turusov V.I., Kornilov I.M., Nuzhnaya N.A. Fitosanitarnoe sostoyanie posevov na razlichnykh elementakh agrolandshafta [Phytosanitary condition of sowings at different elements of agricultural landscape]. *Zemledelie = Zemledelie*. 2011;5:41-42. (In Russ.).
15. Fisyunov A.V., Vorobiev N.E., Matyukha L.A. Metodicheskie rekomendatsii po uchetu i kartirovaniyu zasorennosti posevov; pod obshchej redaktsiej doktora sel'skokhozyastvennykh nauk A.V. Fisyunova [Methodological recommendations on accounting and mapping of crop contamination; under the general editorship of Doctor of Agricultural Sciences A.V. Fisyunov]. Dnepropetrovsk: [Sine Loci I.]; 1974. 71 p. (In Russ.).
16. Shabalkin A.V., Vorontsov V.A., Skorochkin Yu.P. Effektivnost' razlichnykh sposobov osnovnoy obrabotki pochvy i sredstv intensivifikatsii v bor'be s zasorennost'yu posevov yachmenya [The efficiency of different methods of primary tillage and means of intensification in the fight against contamination of crops of barley]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury = Legumes and Groat Crops*. 2019;2(30):139-144. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11104. (In Russ.).

#### **Информация об авторах**

A.V. Dedov – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», dedov050@mail.ru.

V.A. Шевченко – аспирант, ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева», shevcenko\_agro@mail.ru.

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

A.V. Dedov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Soil Management, Crop Science and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, dedov050@mail.ru.

V.A. Shevchenko, Postgraduate Student, Voronezh Federal Agricultural Scientific Centre named after V.V. Dokuchaev, shevcenko\_agro@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 20.02.2023; одобрена после рецензирования 22.03.2023; принята к публикации 28.03.2023.

The article was submitted 20.02.2023; approved after reviewing 22.03.2023; accepted for publication 28.03.2023.

© Дедов А.В., Шевченко В.А., 2023

4.1.1. ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО  
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 631.559: 633.16 (470.56)

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2023\_2\_24

EDN: CDXFNE

**Влияние погодных условий центральной зоны Оренбургской области,  
влажности почвы, фона питания и предшественников  
в севооборотах на урожайность зерна ячменя**

**Дмитрий Владимирович Митрофанов<sup>1✉</sup>, Юрий Васильевич Кафтан<sup>2</sup>,  
Виталий Юрьевич Скороходов<sup>3</sup>, Александр Алексеевич Зоров<sup>4</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4</sup>Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий

Российской академии наук, Оренбург, Россия

<sup>1</sup>dvm.80@mail.ru✉

**Аннотация.** Представлены результаты исследований, выполненных в 2015–2020 гг. с целью определения влияния погодных условий центральной зоны Оренбургской области, влажности почвы, фона питания и предшественников в севооборотах на урожайность ячменя. Выявлены засушливые погодные условия вегетационных периодов и низкие запасы почвенной влаги, особенно в 2015 г., оказавшие влияние на урожайность ячменя, которая составила 0,24–0,28 т/га на фоне применения удобрений и 0,21–0,24 т/га на фоне без удобрений. Максимальная урожайность ячменя (3,66 т/га) сформировалась в 2017 г. в севооборотах с черным и сидеральным парами на фоне с минеральными удобрениями за счет запасов весенней влаги в метровом слое почвы, несмотря на высокие температуры атмосферного воздуха. В недостаточном влажном вегетационном периоде 2019 г. получена сравнительно высокая урожайность ячменя по всем вариантам опыта (1,71 т/га) на фоне с удобрениями как следствие значительного количества выпавших осадков (168 мм) и оптимальной атмосферной температуры (20,2 °С). Установлена зависимость повышения выхода зерна ячменя в севооборотах на фоне с удобрениями от количества весенней влаги в метровом слое почвы, особенно на фоне последствия гороха в севообороте с черным паром. Слабое действие удобрений и последствие предшественников севооборотов, в основном кукурузы и проса, обусловлены биологическими особенностями (требование к влаге) и значительным количеством суховея в период вегетации ячменя. По данным проведенных наблюдений можно говорить о существенных изменениях погодных условий вегетационного периода, что сказывается на снижении урожайности ячменя за счет проявления часто повторяющихся засух на территории Оренбургской области. Фермерам и руководителям сельскохозяйственных предприятий, работающих в засушливых условиях Оренбургской области, даются рекомендации высевать ячмень в севообороте с горохом и черным паром после осеннего применения минеральных удобрений.

**Ключевые слова:** агрометеорологические условия, повышенная температура воздуха, дождевые осадки, влажность почвенного горизонта, почва, минеральные удобрения, урожайность

**Благодарности:** представленные данные получены в ходе выполнения исследований в рамках утвержденного плана научно-исследовательских работ на 2022–2024 гг. Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (№ 0526-2022-0014).

**Для цитирования:** Митрофанов Д.В., Кафтан Ю.В., Скороходов В.Ю., Зоров А.А. Влияние погодных условий центральной зоны Оренбургской области, влажности почвы, фона питания и предшественников в севооборотах на урожайность зерна ячменя // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 2(77). С. 24–35. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_24-35](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_24-35).

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

Original article

**Influence of weather conditions in the central zone of Orenburg Oblast,  
soil moisture, nutrition background and preceding crops  
in crop rotations on the yield of barley grain**

**Dmitry V. Mitrofanov<sup>1✉</sup>, Yuriy V. Kaftan<sup>2</sup>, Vitaliy Yu. Skorokhodov<sup>3</sup>, Aleksandr A. Zorov<sup>4</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4</sup>Federal Research Centre of Biological Systems and Agro-technologies  
of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

<sup>1</sup>dvm.80@mail.ru✉

**Abstract.** The authors present the results of research carried out in 2015-2020 in order to determine the influence of weather conditions in the central zone of Orenburg Oblast, soil moisture, nutrition background and preceding crops in crop rotations on the yield of barley. Dry weather conditions in the growing seasons and low soil moisture reserves were revealed, especially in 2015, which affected the yield of barley, and it amounted to 0.24-0.28 t/ha against the background of fertilizers and 0.21-0.24 t/ha against the background without fertilizers. The maximum yield of barley (3.66 t/ha) was obtained in 2017 in crop rotations with black and green fallow on the background of mineral fertilizers application due to the reserves of spring moisture in the 1 meter soil layer despite high temperatures. In the insufficiently humid growing season of 2019 a relatively high yield of barley was obtained in all experimental variants, i.e. 1.71 t/ha against the background with fertilizers, as a result of significant amount of precipitation (168 mm) and optimal temperature (20.2°C). The dependence of the increase in the yield of barley grain in crop rotations on the background of fertilizers application on spring moisture content in the meter layer of soil, especially against the background of the aftereffect of peas in crop rotation with black fallow has been established. The weak effect of fertilizers and the aftereffect of preceding crops in crop rotation, mainly corn and millet, were registered due to biological features (moisture requirements) and a significant dry period during the growing season of barley. According to the observations, we can talk about significant changes in the weather conditions of the growing season, which decreases the barley yield due to frequent droughts in Orenburg Oblast. Farmers and managers of agricultural enterprises operating in the arid conditions of Orenburg Oblast are advised to sow barley in crop rotation with peas and black fallow after the autumn application of mineral fertilizers.

**Keywords:** agrometeorological conditions, elevated air temperature, rainfall, soil horizon moisture, soil, mineral fertilizers, yield

**Acknowledgements:** data presented in the article were obtained in the course of studies within the framework of the approved R&D plan for the period from 2022 till 2024 of the Federal Research Centre of Biological Systems and Agro-technologies of the Russian Academy of Sciences (No. 0526-2022-0014).

**For citation:** Mitrofanov D.V., Kaftan Yu.V., Skorokhodov V.Yu., Zorov A.A. Influence of weather conditions in the central zone of Orenburg Oblast, soil moisture, nutrition background and preceding crops in crop rotations on the yield of barley grain. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(2):24-35. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_24-35](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_24-35).

## Введение

Ячмень является одной из важнейших сельскохозяйственных культур, сочетающих в себе комплекс хозяйственно ценных признаков, занимая 4-е место в мире после пшеницы, кукурузы и риса. Ячмень широко используется как техническая, продовольственная и особенно кормовая культура, что обусловлено его высокой питательной ценностью. При этом культура очень пластична, что позволяет ей благоприятно произрастать в самых разнообразных климатических зонах всего мира. Такой ареал внедрения эта культура получила благодаря относительно высокой и стабильной урожайности и отзывчивости на удобрения. Мировые площади посевов, занимаемые ячменем, ежегодно составляют около 50,0 млн га, а валовые сборы зерна – 145,2 млн т. Основная часть мировых посевных площадей ячменя сосредоточена в странах ЕС (42%). Россия по валовому сбору ячменя стабильно занимает 2-е место после стран ЕС (11–15% мирового производства) [16]. Наиболее благоприятные условия для возделывания данной культуры сложились в Центральном, Южном, Приволжском и Сибирском федеральных округах [12]. Именно там и сосредоточен основной ареал возделывания ячменя.

Применение научно обоснованных систем ведения сельскохозяйственного производства с учетом почвенно-климатических особенностей территории выращивания является необходимым условием повышения урожайности зерна ячменя. Это особенно актуально в связи с наметившейся тенденцией уменьшения посевных площадей, отводимых под его выращивание: за период с 2000 по 2020 г. в России произошло сокращение посевных площадей, занимаемых ячменем, с 12,86 до 8,53 млн га [13].

Опубликованы данные исследований, проведенных в 1990–2020 гг. сотрудниками Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий РАН (Максютов Н.А., Скороходов В.Ю., Зоров А.А. и др.) в степной зоне Оренбургской области с целью установления зависимости урожайности полевых культур в севооборотах от погодных условий. За 30 лет наблюдений выявлены локальные изменения агрометеорологических условий. Сделан вывод, что ячмень в условиях Приволжского федерального округа более засухоустойчив, по выходу зерна он уступает только озимой ржи и

пшенице. Показано, что по ротациям севооборотов уровень урожайности зерна ячменя варьирует от 1,2 до 2,5 т/га. В среднем за 2020 г. выход зерна ячменя на фоне с удобрениями и без их применения составил соответственно 2,1 и 1,7 т/га [6, 7].

Сотрудники Красноярского государственного аграрного университета (Серебренников Ю.И., Байкалова Л.П.) с 2002 по 2014 г. проводили исследования, по результатам которых определили подекадное влияние абиотических факторов (сумма температур, осадков) и гидротермического коэффициента на урожайность ячменя различных сортов [10].

Результаты исследований, выполненных на территории Тувинского НИИ сельского хозяйства, в зоне рискованного земледелия с резко континентальным климатом, свидетельствуют о существенной зависимости урожайности ячменя от климатических проявлений (положительная связь с ГТК и осадками, отрицательная корреляционная связь с температурным режимом) [5]. В этих исследованиях низкая обеспеченность весенними осадками в мае оказывала значительное влияние на урожайность. По остальным месяцам вегетационного периода (июнь, июль, август) наблюдали положительные корреляционные связи с осадками. Температурный режим имел положительные связи с урожайностью в мае и отрицательные – в июне-августе.

И.П. Елисеевым, Л.В. Елисеевой, А.В. Степановым (Чувашская государственная сельскохозяйственная академия) в ходе исследований, проведенных с 2009 по 2019 г., установлена зависимость продуктивности ячменя от агрометеорологических условий в период вегетации культуры [4].

Актуальной проблемой в мировом земледелии является выбор предшественника для ячменя, после которого можно получать более высокую урожайность зерна. Определению лучшего предшественника с целью получения более высоких урожаев этой культуры посвящены полевые эксперименты многих отечественных и зарубежных исследователей [14, 15, 17, 18].

Кроме предшественника, на повышение урожайности выращиваемых сельскохозяйственных культур существенное влияние оказывают удобрения. В исследованиях М.А. Евдокимовой максимальный урожай ячменя (3,0 т/га) был получен на малогумусной почве после внесения комплексных минеральных удобрений в дозе  $N_{60}P_{60}K_{60}$  за счет повышенного содержания фосфора и калия [3]. Во влажных условиях Белгородской области за период 2017–2018 гг. показано положительное влияние различных предшественников и доз минеральных удобрений, способствующих получению урожайности зерна ячменя до 6,20 т/га [11].

К настоящему времени экспериментально установлено, что урожайность ячменя в первую очередь зависит от погодных условий, а во вторую – от вида внесенных удобрений: в частности, в засушливых условиях на черноземах обыкновенных Самарской области после внесения азотных удобрений получена прибавка зерна в пределах 0,33 т/га [1].

Влагообеспеченность почвы под посевами ячменя играет основную роль в формировании урожайности зерна. Доказано, что накопление и усвоение наибольшего количества влаги почвенного горизонта приводит к положительным результатам по урожайности зерна ячменя [8, 9]. В.Ю. Селиванова на основании результатов полевых экспериментов (2002–2017 гг.) отмечает, что при бессменном посеве ячменя продуктивная влага в метровом слое почвы снижается (особенно в сравнении с севооборотами) с 138,59 до 43,09 мм (максимальный расход – 174,50 мм).

В данной статье представлены результаты исследований, выполненных авторами с целью установления влияния погодных условий центральной зоны Оренбургской области, весенних запасов влаги в почве, фона питания и предшественников в севооборотах на урожайность зерна ячменя.

**Условия, материалы и методы**

Научные наблюдения выполнены в 2015–2020 гг. в длительном стационарном опыте, заложенном в 1988 г. возле п. Крона на правом берегу р. Урала.

На территории опытного участка почва представлена малогумусным карбонатным южным черноземом со следующими показателями в верхнем горизонте почвы (0–30 см):

- количество органического вещества (гумус) – до 3,2%;
- содержание солей азотной кислоты (нитраты) – 12,0 мг/100 г;
- содержание фосфатов (подвижный фосфор) – 2,0 мг/100 г;
- содержание поглощенного (обменного) калия – 30,0 мг/100 г;
- кислотность – нейтральная;
- водная вытяжка – в пределах 6,5–7,0.

Метод исследования – полевой [2].

Ячмень высевали на территории последнего поля в зернопаровых, зернопропашных и сидеральных шестипольных севооборотах: пар (черный), пшеница (твердая), пшеница (мягкая), сборные культуры (кукуруза, горох, просо), пшеница (мягкая), ячмень и пар (сидеральный), пшеница (твердая), пшеница (мягкая), сборные культуры (кукуруза, горох, просо), пшеница (мягкая), ячмень.

Почва и варианты выращивания ячменя в шестипольных севооборотах рассматриваются как объекты эксперимента.

Схема опыта включает шесть вариантов выращивания ячменя (последнее поле в севообороте) после мягкой пшеницы в четырехкратной повторности и в шестикратной во времени опыта:

- I – посев в последствии кукурузы по севообороту с черным паром (контроль);
- II – посев в последствии гороха по севообороту с черным паром;
- III – посев в последствии проса по севообороту с черным паром;
- IV – посев в последствии кукурузы по севообороту с сидеральным паром;
- V – посев в последствии гороха по севообороту с сидеральным паром;
- VI – посев в последствии проса по севообороту с сидеральным паром.

Полевые делянки разделены на фон с удобрениями (длиной 30 м) и без их применения (60 м). Размер делянки удобренного фона составляет  $14,4 \times 30 = 432 \text{ м}^2$ , неудобренного –  $14,4 \times 60 = 864 \text{ м}^2$ ; общая деляночная ширина – 14,4 м, длина – 90 м, площадь –  $1\,296 \text{ м}^2$ .

Осенью (перед вспашкой) под будущие посевы предшественников ячменя на одной части делянки вносили комплексные минеральные удобрения (аммофоска, нитроаммофоска) в дозе  $\text{N}_{40}\text{P}_{80}\text{K}_{40}$  на 1 га, на второй части делянки удобрения не вносили. Весной в первой декаде мая высевали ячмень (сорта Анна и Натали) с помощью пресовой сеялки СЗП-3,6 с нормой 180 кг/га. Учетная площадь удобренного и неудобренного фонов составляла соответственно 60 и  $120 \text{ м}^2$ .

Уборку проводили во второй декаде августа прямым комбайнированием селекционным комбайном Сампо-500 с измельчением соломы и разбрасыванием ее по опытному участку.

Основная обработка почвы заключалась в проведении осенней вспашки изучаемых делянок. Агротехнику и агротехнологию выращивания ячменя использовали с учетом общепринятых рекомендаций для сухостепной зоны Оренбуржья.

Динамика агрометеорологических условий на территории проведения исследований оценивалась по данным метеостанции по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Влажность почвы определяли термостатным гравиметрическим методом. Почвенные образцы отбирали специальными бурами перед посевом ячменя послойно в метровом и полутораметровом горизонтах почвы в первом и третьем повторениях опыта. Почву извлекали пробоотборниками три раза с каждых десяти сантиметров глубины на всех делянках. В лабораторных условиях их высушивали и по разнице рассчитывали содержание продуктивной влаги в почве.

Наблюдения, полевые учеты, лабораторные анализы и математические расчеты проведены по рекомендуемым методикам и программам.

Статистическую обработку и дисперсионный анализ полученных данных проводили по методике Б.А. Доспехова [2] с использованием типовых программ ПЭВМ.

### Результаты и их обсуждение

В 2015 г. в период вегетации ячменя (май-август) выпало 127 мм дождевых осадков, или 82% от нормы. Средняя температура воздуха была 19,9 °С, число суточных суховеев – 76 ед. при среднемноголетней (контрольной) норме температуры воздуха 19,1 °С, осадков – 155 мм, суховейных дней – 56. По значению гидротермического коэффициента вегетационный период ячменя можно охарактеризовать как засушливый: ГТК = 0,57 (табл. 1).

**Таблица 1. Абиотические факторы вегетационных периодов ячменя на территории проведения исследований (среднее по годам и по периоду 2015–2020 гг.)**

Показатели	Годы						В среднем за 2015–2020 гг.
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Температура воздуха, °С	19,9	21,0	19,5	17,7	20,2	20,9	19,9
Дождевые осадки, мм	127,0	86,0	110,0	104,0	168,0	70,0	110,8
Гидротермический коэффициент, ед.	0,57	0,38	0,49	0,39	0,68	0,30	0,47
Суточные суховеи, ед.	76,0	84,0	44,0	41,0	82,0	79,0	68,0

В 2016 г. выпало 86 мм дождевых осадков, или 55,5% от нормы. Средняя температура воздуха доходила до 21,0 °С и превышала среднемноголетний показатель на 1,9 °С. Зарегистрировано 84 ед. суховеев. По значению ГТК = 0,38 период вегетации ячменя характеризовался как сильно засушливый.

В 2017 г. выпало 110 мм дождевых осадков, или 71% от нормы. Средняя температура воздуха доходила до 19,5 °С и превышала среднемноголетний показатель на 0,4 °С. Зарегистрировано 44 ед. суховеев. По значению ГТК = 0,49 вегетационный период ячменя характеризовался как засушливый.

В 2018 г. выпало 104 мм дождевых осадков, или 67% от нормы. Средняя температура воздуха доходила до 17,7 °С и была ниже среднемноголетнего показателя на 1,4 °С. Зарегистрировано 41 ед. суховеев. По значению ГТК = 0,39 вегетационный период ячменя характеризовался как сильно засушливый.

В 2019 г. выпало 168 мм дождевых осадков, или 108% от нормы. Средняя температура воздуха доходила до 20,2 °С и превышала среднемноголетний показатель на 1,1 °С. Зарегистрировано 82 ед. суховеев. По значению ГТК = 0,68 вегетационный период ячменя характеризовался как недостаточно влажный.

В 2020 г. выпало 70 мм дождевых осадков, или 55% от нормы. Средняя температура воздуха доходила до 20,9 °С и превышала среднемноголетний показатель на 1,8 °С. Зарегистрировано 79 ед. суховеев. По значению ГТК = 0,30 вегетационный период ячменя характеризовался как сильно засушливый.

В среднем за 2015–2020 гг. абиотические факторы имели следующие значения:

- дождевые осадки – 110,8 мм (71% от нормы);
- температура воздуха – 19,9 °С (на 0,8 °С выше нормативного показателя);
- количество суховеев – 68 ед. (на 10 ед. выше нормы);
- гидротермический коэффициент – 0,47.



По данным проведенных наблюдений можно говорить о существенных изменениях погодных условий вегетационного периода, что сказывается на снижении урожайности ячменя за счет проявления часто повторяющихся засух на территории Оренбургской области.

Самым важным сроком наблюдения за влажностью почвы является период посева ячменя. За годы исследования отмечаются основные различия по запасам продуктивной влаги на полях ячменя на вариантах последействия кукурузы, гороха и проса в севооборотах (табл. 2).

**Таблица 2. Влажность почвенного горизонта под посевами ячменя на различных вариантах опыта и по годам исследования, мм**

Вариант опыта	Слой почвы, см	Годы						Среднее за 6 лет
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	
I (контроль)	0–100	90,2	114,6	139,9	108,4	99,1	129,3	113,6
	0–150	115,4	210,5	240,5	161,7	134,8	145,7	168,1
II	0–100	76,6	163,7	178,2	125,7	108,2	197,1	141,6
	0–150	97,3	229,0	222,7	146,6	150,7	187,9	172,4
III	0–100	91,2	137,6	142,4	119,6	92,2	111,3	115,7
	0–150	129,5	215,4	218,2	139,2	146,7	173,4	170,4
IV	0–100	88,4	115,2	160,5	99,5	95,5	114,4	112,2
	0–150	110,3	218,7	226,3	130,7	139,2	173,5	166,4
V	0–100	97,5	128,2	135,4	122,8	113,3	95,4	115,4
	0–150	115,6	206,1	210,7	171,1	166,2	169,7	173,2
VI	0–100	90,7	130,5	134,8	105,6	112,9	119,8	115,7
	0–150	120,1	218,7	212,5	128,7	168,3	152,3	166,8

Максимальные значения почвенной влаги метрового и полутораметрового горизонтов – соответственно 134,8 и 240,5 мм – отмечены в 2017 г. при засушливых погодных условиях (ГТК = 0,49).

Наименьшие запасы продуктивной влаги – соответственно 76,6 и 97,3 мм – отмечены в 2015 г. на варианте последействия гороха по севообороту с черным паром (вариант II). Такое снижение влажности почвы могло произойти за счет наибольшего потребления влаги растениями предшественника гороха и сорными растениями.

В эксперименте наблюдали снижение влажности в метровом и полутораметровом почвенных горизонтах под посевами ячменя в результате последействия кукурузы по севооборотам с черным и сидеральным парами: на контроле и на варианте IV количество почвенной влаги составляло соответственно 113,6/168,1 мм и 112,2/166,4 мм. Такое снижение влажности почвы могло произойти за счет предшествующей кукурузы, которая формирует урожайность зеленой массы, используя значительное количество влаги полутораметрового почвенного горизонта. Можно отметить более высокие значения весенней влаги в почве варианта V – от 115,4 до 173,2 мм. Особенно выделялся вариант последействия гороха по севообороту с черным паром высокими значениями содержания влаги в слоях почвы 0–100 см и 0–150 см – соответственно 141,6 мм и 172,4 мм.

По данным проведенного исследования выявлены более низкие показатели урожайности зерна ячменя в 2015 г. по изучаемым предшественникам севооборотов: на фоне применения удобрений – 0,24–0,28 т/га и на фоне без удобрений – 0,21–0,24 т/га (табл. 3). Аналогичное снижение отмечено в 2018 г. на фоне применения удобрений – 0,40 т/га и на фоне без удобрений – 0,30 т/га. Такое снижение урожайности зерна ячменя в 2015 и 2018 гг. можно объяснить низкими запасами продуктивной влаги в посевах по всем предшественникам севооборотов и сложившимися неблагоприятными погодными условиями вегетационных периодов.

Таблица 3. Урожайность ячменя в зависимости от последействия предшествующих культур в севооборотах при внесении минеральных удобрений и без их применения, т/га

Годы	Севооборот	Последействие предшественников			НСР <sub>05</sub>	
		кукуруза	горох	просо	А	В
2015	с черным паром	<u>0,28</u> 0,24	<u>0,24</u> 0,23	<u>0,26</u> 0,23	0,01	0,01
	с сидеральным паром	<u>0,26</u> 0,24	<u>0,25</u> 0,21	<u>0,26</u> 0,22		
2016	с черным паром	<u>0,96</u> 0,92	<u>1,15</u> 1,12	<u>1,00</u> 0,83	0,09	0,11
	с сидеральным паром	<u>1,02</u> 0,95	<u>1,11</u> 0,94	<u>1,10</u> 0,92		
2017	с черным паром	<u>3,19</u> 2,99	<u>3,66</u> 2,64	<u>3,43</u> 2,85	0,25	0,31
	с сидеральным паром	<u>3,51</u> 2,77	<u>3,30</u> 2,90	<u>3,19</u> 2,70		
2018	с черным паром	<u>0,59</u> 0,46	<u>0,44</u> 0,41	<u>0,40</u> 0,30	0,07	0,09
	с сидеральным паром	<u>0,44</u> 0,31	<u>0,45</u> 0,37	<u>0,42</u> 0,31		
2019	с черным паром	<u>1,71</u> 1,22	<u>1,64</u> 1,33	<u>1,55</u> 1,32	0,17	0,21
	с сидеральным паром	<u>1,54</u> 1,33	<u>1,26</u> 1,05	<u>1,53</u> 1,37		
2020	с черным паром	<u>1,43</u> 1,19	<u>1,25</u> 1,20	<u>1,62</u> 1,26	0,09	0,11
	с сидеральным паром	<u>1,27</u> 1,15	<u>1,05</u> 0,95	<u>1,32</u> 1,19		
Среднее за 6 лет	с черным паром	<u>1,36</u> 1,17	<u>1,40</u> 1,16	<u>1,38</u> 1,13	0,05	0,06
	с сидеральным паром	<u>1,34</u> 1,13	<u>1,24</u> 1,07	<u>1,30</u> 1,12		

Примечание: числитель – фон с удобрениями, знаменатель – без удобрений;

НСР<sub>05</sub> по фактору А – фон с минеральными удобрениями,

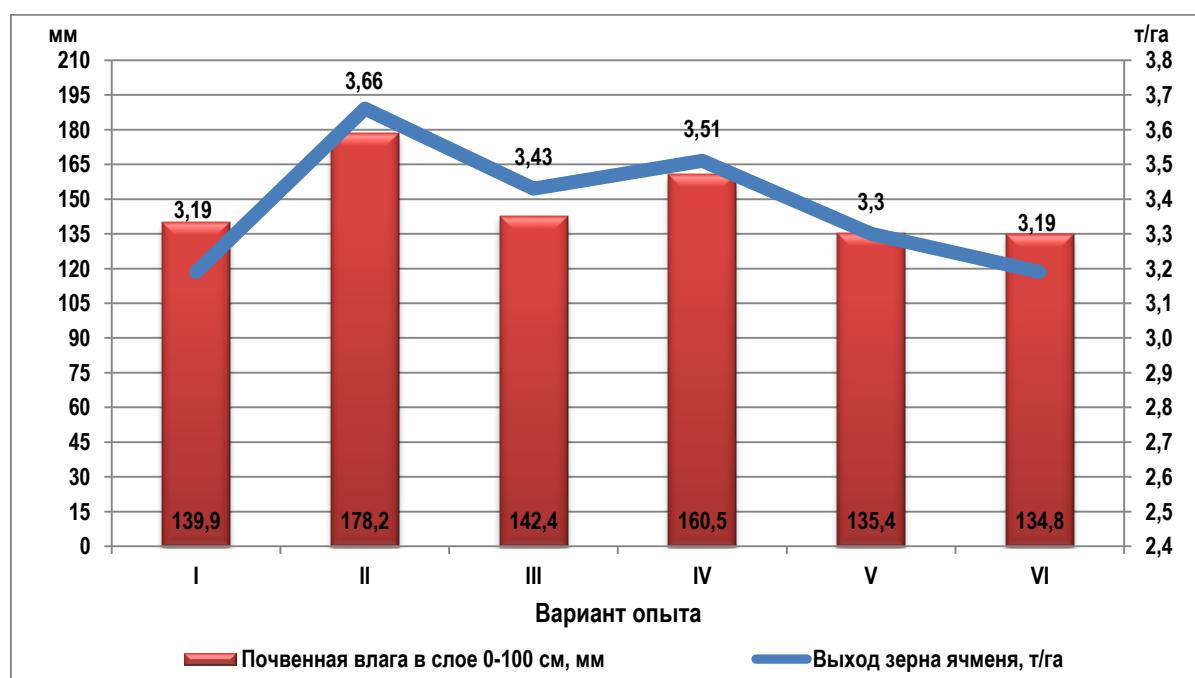
НСР<sub>05</sub> по фактору В – последействие предшественника ячменя.

Максимальная урожайность зерна ячменя отмечена в 2017 г. – 3,19–3,66 т/га на фоне применения удобрений и 2,64–2,99 т/га – на фоне без их применения. В 2016, 2019, 2020 гг. зафиксирована средняя урожайность зерна ячменя по всем видам предшественников севооборотов в результате последействия черных и сидеральных паров – соответственно 0,83 и 1,71 т/га. Средний выход зерна обусловлен прежде всего содержанием продуктивной влаги в период вегетации как в метровом, так и полутораметровом слоях почвы, которого не хватает для формирования высокой урожайности ячменя из-за засушливых условий.

При внесении минеральных удобрений на всех вариантах опыта отмечена самая высокая урожайность зерна ячменя. Однако в засушливые годы повышенные температуры воздуха, нагревая верхний слой почвы, снижают эффективность использования ячменем минеральных комплексных удобрений. В 2017 г. прибавка от минеральных удобрений в двух севооборотах составила 0,20–1,02 т/га. В результате последействия предшественников отмечали средний уровень урожайности зерна ячменя: 1,24–1,40 т/га – на фоне с удобрениями и 1,07–1,17 т/га – без их применения.

Математический расчет урожайности ячменя двухфакторного опыта, выполненный с помощью дисперсионного анализа, показывает, что по изучаемым факторам А (фон с минеральными удобрениями – 0,25 и 0,17 т/га) и В (последствие предшественника – 0,31 и 0,21 т/га) наблюдается существенная разница по вариантам эксперимента в 2017 и 2019 гг. по сравнению с 2015 г. Следовательно, можно отметить, что увеличение урожайности ячменя после внесения минеральных удобрений по всем изучаемым предшественникам севооборотов в 2017 г. происходило за счет наибольших запасов весенней влаги (134,8–240,5 мм) в метровом и полутораметровом слоях почвы. Подобная ситуация складывалась и в 2019 г., но отличалась тем, что активный рост ячменя отмечался после наибольшего количества дождевых осадков (168 мм) за период развития и при повышенной температуре воздуха (20,2 °С). В годы исследования на всех вариантах отмечается незначительная разница с 2015 г., что связано с засушливыми условиями вегетационного периода и наименьшими запасами почвенной влаги.

В 2017 г. можно отметить воздействие почвенной влаги на рост урожайности зерна ячменя в шестипольных севооборотах после запашки в почву комплексных минеральных удобрений (рис. 1).



**Рис. 1. Влияние влажности в метровом горизонте почвы на выход зерна ячменя в шестипольных севооборотах с черным и сидеральным парами на фоне применения минеральных удобрений (по данным 2017 г.)**

Из рисунка 1 видно, что существует прямо пропорциональная зависимость выхода зерна ячменя в севооборотах от количества почвенной влаги: чем больше содержание в метровом слое почвы весенней влаги, тем выше урожайность зерна ячменя в рассматриваемых вариантах эксперимента, и наоборот. Максимальный урожай ячменя получен на варианте II, что объясняется самыми высокими значениями осенних, зимних и весенних атмосферных осадков за 2016–2017 гг., что способствовало накоплению запасов почвенной влаги после применения аммофоски, нитроаммофоски, а также биологическими особенностями культуры (скороспелость и засухоустойчивость).

В среднем за годы исследования можно говорить о благоприятном воздействии почвенной влаги и осадков на урожайность зерна ячменя, особенно четко проявившемся после пшеницы по гороху в севообороте с черным паром на фоне с минеральными удобрениями (рис. 2).

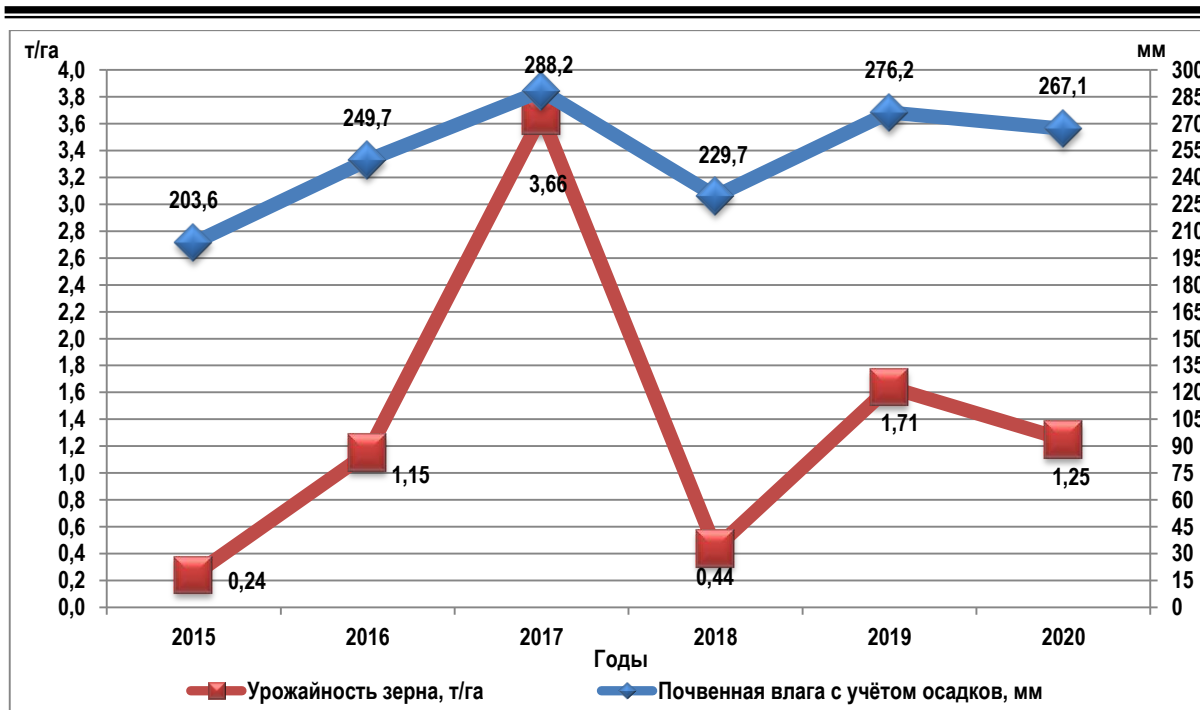


Рис. 2. Влияние общей влаги (почвенная и атмосферная) в метровом горизонте почвы на урожайность зерна ячменя в последствии гороха по севообороту с черным паром в результате внесения минеральных удобрений

На рисунке 2 представлена прямо пропорциональная зависимость в виде линейного графика: чем больше или меньше количество почвенной влаги с учетом выпавших осадков, тем выше или ниже урожайность ячменя в зернопаровом севообороте.

Максимальный показатель урожая ячменя (3,66 т/га) отмечен в 2017 г., достаточно высокий (1,64 т/га) – в 2019 г., что обусловлено прежде всего самыми высокими запасами продуктивной влаги весной в 2017 г. и значительным количеством выпавших дождевых осадков в 2019 г. При этом следует отметить, что рост уровня урожайности ячменя на варианте II в основном обусловлен внесенными минеральными удобрениями, а также биологическими особенностями предшествующих культур (мягкая пшеница и горох) и последствия черного пара.

### Выводы

За годы проведенной научно-исследовательской работы выявлены засушливые погодные условия вегетационных периодов и низкие запасы почвенной влаги (особенно в 2015 г.), которые оказывали влияние на снижение урожайности зерна ячменя в последствии гороха по севообороту с черным паром, составившее 0,21 т/га на фоне без удобрений.

Самая высокая урожайность ячменя – 3,66 т/га – сформировалась в 2017 г. в севооборотах с черным и сидеральным парами на питательном фоне с минеральными удобрениями за счет максимально высоких запасов весенней влаги в слое 0–100 см почвенного горизонта, несмотря на высокие температуры атмосферного воздуха вегетационного периода.

В недостаточно влажном вегетационном периоде 2019 г. получена достаточно высокая урожайность ячменя на всех вариантах опыта, в том числе 1,71 т/га на фоне с удобрениями, как следствие значительного количества выпавших дождевых осадков (168 мм) и оптимальной атмосферной температурой (20,2 °С).

За период ротации севооборотов выявлено, что действие минеральных удобрений приводит к росту урожайности зерна ячменя на всех вариантах опыта от I (контроль)

до VI – соответственно на 0,19 т/га, 0,24; 0,25; 0,21; 0,17 и 0,18 т/га. В 2017 г. отмечена самая высокая прибавка зерна как результат применения аммофоски и нитроаммофоски в севооборотах (1,02 т/га на варианте II) за счет наибольших весенних запасов почвенной влаги.

Установлена зависимость повышения выхода зерна ячменя в севооборотах на фоне с удобрениями от весенней влаги в метровом слое почвы, особенно на фоне последействия гороха в севообороте с черным паром.

Слабое действие удобрений и последействие предшественников севооборотов, в основном кукурузы и проса, обусловлены биологическими особенностями (требование к влаге) и значительным количеством суховея в период вегетации ячменя.

По данным проведенных наблюдений можно говорить о существенных изменениях погодных условий вегетационного периода, что сказывается на снижении урожайности ячменя за счет проявления часто повторяющихся засух на территории Оренбургской области.

Для повышения выхода зерновой продукции фермерам и руководителям сельскохозяйственных предприятий, работающих в засушливых условиях Оренбургской области, можно рекомендовать высевать ячмень в севообороте с горохом и черным паром после осеннего применения минеральных удобрений.

---

#### Список источников

1. Горянин О.И., Мадякин Е.В., Пронович Л.В. и др. Технологии возделывания ярового ячменя в засушливых условиях Поволжья // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 9. С. 42–47. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10908.
2. 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.
3. Евдокимова М.А. Влияние предшественников и минеральных удобрений на урожайность ярового ячменя // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 1(29). С. 11–14.
4. Елисеев И.П., Елисеева Л.В., Степанов А.В. Динамика продуктивности ячменя и стоимости зерна в зависимости от погодных условий в Чувашской Республике // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2(13). С. 13–20. DOI: 10.17022/853m-jp34.
5. Ламажап Р.Р., Липшин А.Г. Влияние климатических условий на урожайность ярового ячменя в Республике Тыва // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2016. № 12(123). С. 13–19.
6. Максютлов Н.А., Зоров А.А., Скороходов В.Ю., Митрофанов Д.В. Влияние погодных условий на урожайность полевых культур в степной зоне Оренбуржья // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. Т. 5, № 4. С. 8–17. DOI: 10.12737/39899.
7. Максютлов Н.А., Скороходов В.Ю., Зоров А.А. и др. Особенности погодных условий и урожайности полевых культур в степной зоне Оренбургской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 1(87). С. 24–29. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-87-1-24-29.
8. Митрофанов Д.В. Влияние метеоусловий и влажности почвы на выход зерна в севооборотах и урожайность бессменных посевов на черноземах южных Оренбургского Предуралья // Животноводство и кормопроизводство. 2018. Т. 101, № 2. С. 218–228.
9. Селиванова В.Ю. Влагообеспеченность яровых культур в севообороте с различными обработками почвы в сухостепной зоне Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1(49). С. 154–161.
10. Серебренников Ю.И., Байкалова Л.П. Влияние абиотических факторов на урожайность сортов ячменя в лесостепи Приенисейской Сибири // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2015. № 11(110). С. 190–197.

11. Смуров С.И., Наумкин В.Н., Ермолаев С.Н. Урожайность и качество зерна ярового ячменя в зависимости от различных предшественников и фонов минерального питания // Вестник аграрной науки. 2020. № 2(83). С. 36–44. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2020.2.36.
12. Тимошенкова Т.А. Ценные агробиологические признаки нового сорта ярового ячменя Миар // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 3(59). С. 41–44.
13. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Официальный сайт. Статистика [Электронный источник]. URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 12.10.2022).
14. Boussora F., Allam M., Guasmi F. et al. Spike developmental stages and ABA role in spikelet primordia abortion contribute to the final yield in barley (*Hordeum vulgare* L.) // Botanical Studies. 2019. Vol. 60, No. 1. Pp. 13–24. DOI: 10.1186/s40529-019-0261-2.
15. Sainju U.M. Can Novel Management Practice Improve Soil and Environmental Quality and Sustain Crop Yield Simultaneously? // PLoS ONE. 2016. Vol. 11, No. 2. Article No. e0149005. DOI: 10.1371/journal.pone.0149005.
16. The Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database (FAOSTAT) // Official website. URL: [https://en.m.wikipedia.org/wiki/Food\\_and\\_Agriculture\\_Organization\\_Corporate\\_Statistical\\_Database](https://en.m.wikipedia.org/wiki/Food_and_Agriculture_Organization_Corporate_Statistical_Database).
17. Wendt T., Holme I., Dockett C. et al. HvDep1 Is a Positive Regulator of Culm Elongation and Grain Size in Barley and Impacts Yield in an Environment-Dependent Manner // PLoS ONE. 2016. Vol. 11, No. 12. Article No. e0168924. DOI: 10.1371/journal.pone.0168924.
18. Zou L., Yli-Halla M., Stoddard F.L., Mäkelä S.A. Effects of Break Crops on Yield and Grain Protein Concentration of Barley in a Boreal Climate // PLoS ONE. 2015. Vol. 10, No. 6. Article No. e0130765. DOI: 10.1371/journal.pone.0130765.

## References

1. Goryanin O.I., Madyakin E.V., Pronovich L.V. et al. Tehnologii vozdeleyvaniya yarovogo yachmenya v zasushlivykh usloviyakh Povolzh'ya [Technologies for the cultivation of spring barley under arid conditions of the Volga region]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology in AIC*. 2020;9(34):42-47. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10908. (In Russ.).
2. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy): uchebnoe posobie. 5-e izd., dop. i pererab. [Field-plot Technique (with the Basics of Statistical Processing of Results of Research and Experiments): study guide. 5<sup>th</sup> edition, revised and enlarged]. Moscow: Agropromizdat Press; 1985. 351 p. (In Russ.).
3. Evdokimova M.A. Vliyaniye predshestvennikov i mineral'nykh udobreniy na urozhainost' yarovogo yachmenya [Influence of predecessors and mineral fertilizers on yield of spring barley]. *Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyajstvennoy akademii = Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2015;1(29):11-14. (In Russ.).
4. Eliseev I.P., Eliseeva L.V., Stepanov A.V. Dinamika produktivnosti yachmenya i stoimosti zerna v zavisimosti ot pogodnykh usloviy v Chuvashskoy Respublike [Dynamics of barley productivity and grain cost depending on weather conditions in the Chuvash Republic]. *Vestnik Chuvashskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyajstvennoy akademii = Vestnik Chuvash State Agricultural Academy*. 2020;2(13):13-20. DOI: 10.17022/853m-jp34. (In Russ.).
5. Lamazhap R.R., Lipshin A.G. Vliyaniye klimaticheskikh usloviy na urozhainost' yarovogo yachmenya v Respublike Tyva [Influence of climatic conditions on the yield of summer barley in the Republic of Tyva]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin KrasSAU*. 2016;12(123):13-19. (In Russ.).
6. Maksyutov N.A., Zorov A.A., Skorokhodov V.Yu., Mitrofanov D.V. Vliyaniye pogodnykh usloviy na urozhainost' polevykh kul'tur v stepnoy zone Orenburzh'ya [Weather condition affect on arable crops in the steppe zone of Orenburg region]. *Izvestiya Samarskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyajstvennoy akademii = Bulletin Samara State Agricultural Academy*. 2020;4:8-17. DOI: 10.12737/39899. (In Russ.).
7. Maksyutov N.A., Skorokhodov V.Yu., Zorov A.A. et al. Osobennosti pogodnykh usloviy i urozhainosti polevykh kul'tur v stepnoy zone Orenburgskoy oblasti [Features of weather conditions and yield of field crops in the steppe zone of the Orenburg region]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021;1(87):24-29. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-87-1-24-29. (In Russ.).
8. Mitrofanov D.V. Vlijaniye meteousloviy i vlazhnosti pochvy na vykhod zerna v sevooborotakh i urozhainost' bessmennyykh posevov na chernozemakh yuzhnykh Orenburgskogo Predural'ya [Influence of meteorological conditions and soil moisture on yield of grain in crop rotations and productivity of permanent crops on chernozems of the southern Orenburg Cis-Urals]. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo = Animal Husbandry and Fodder Production*. 2018;2(101):218-228. (In Russ.).
9. Selivanova V.Yu. Vlogoobespechennost' yarovykh kul'tur v sevooborote s razlichnymi obrabotkami pochvy v sukhostepnoy zone Nizhnego Povolzh'ya [Water safety of spring crops in northern performance with different soil processing in the dry velocity zone of the Lower Volga region]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Proceedings of Nizhnevolzskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education*. 2018;1(49):154-161. (In Russ.).

10. Serebrennikov Yu.I., Baikalova L.P. Vliyanie abioticheskikh faktorov na urozhajnost' sortov yachmenya v lesostepi Prienisejskoj Sibiri [The influence of abiotic factors on crop yields of barley varieties in partially wooded steppe of Prieniseysky Siberia]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin KrasSAU*. 2015;11(110):190-197. (In Russ.).
11. Smurov S.I., Naumkin V.N., Ermolaev S.N. Urozhajnost' i kachestvo zerna yarovogo yachmenya v zavisimosti ot razlichnykh predshestvennikov i fonov mineral'nogo pitaniya [Yield and quality of spring barley grain in dependence on various predecessors and backgrounds of mineral nutrition]. *Vestnik agrarnoj nauki = Bulletin of Agrarian Science*. 2020;2(83):36-44. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2020.2.36. (In Russ.).
12. Timoshenkova T.A. Tsennye agrobiologicheskie priznaki novogo sorta yarovogo yachmenya Miar [Valuable agrobiological features of the new Miar spring barley variety]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2016;3(59):41-44. (In Russ.).
13. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki (Rosstat). Ofitsial'nyj sajt. Statistika [Federal State Statistics Service (Rosstat). Official website. Statistics]. URL: <https://rosstat.gov.ru/>. (In Russ.).
14. Boussora F., Allam M., Guasmi F. et al. Spike developmental stages and ABA role in spikelet primordia abortion contribute to the final yield in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Botanical Studies*. 2019;1(60):13-24. DOI: 10.1186/s40529-019-0261-2.
15. Sainju U.M. Can Novel Management Practice Improve Soil and Environmental Quality and Sustain Crop Yield Simultaneously? *PLoS ONE*. 2016;2(11):e0149005. DOI: 10.1371/journal.pone.0149005.
16. The Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database (FAOSTAT). Official website. URL: [https://en.m.wikipedia.org/wiki/Food\\_and\\_Agriculture\\_Organization\\_Corporate\\_Statistical\\_Database](https://en.m.wikipedia.org/wiki/Food_and_Agriculture_Organization_Corporate_Statistical_Database).
17. Wendt T., Holme I., Dockter C. et al. HvDep1 Is a Positive Regulator of Culm Elongation and Grain Size in Barley and Impacts Yield in an Environment-Dependent Manner. *PLoS ONE*. 2016;12(11):e0168924. DOI: 10.1371/journal.pone.0168924.
18. Zou L., Yli-Halla M., Stoddard F.L., Mäkelä S.A. Effects of Break Crops on Yield and Grain Protein Concentration of Barley in a Boreal Climate. *PLoS ONE*. 2015;6(10):e0130765. DOI: 10.1371/journal.pone.0130765.

#### **Информация об авторах**

Д.В. Митрофанов – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела земледелия и ресурсосберегающих технологий ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», [dvm.80@mail.ru](mailto:dvm.80@mail.ru).

Ю.В. Кафтан – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела земледелия и ресурсосберегающих технологий ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», [yura.kaftan@mail.ru](mailto:yura.kaftan@mail.ru).

В.Ю. Скороходов – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела земледелия и ресурсосберегающих технологий ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», [skorohodov.vitali1975@mail.ru](mailto:skorohodov.vitali1975@mail.ru)

А.А. Зоров – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, зам. директора – руководитель структурного подразделения Оренбургский НИИ сельского хозяйства ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», [zorov78@yandex.ru](mailto:zorov78@yandex.ru).

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

D.V. Mitrofanov, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Research Scientist, the Dept. of Soil Management and Resource-Saving Technologies, Federal Research Centre of Biological Systems and Agro-technologies of the Russian Academy of Sciences, [dvm.80@mail.ru](mailto:dvm.80@mail.ru).

Yu.V. Kaftan, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Research Scientist, the Dept. of Soil Management and Resource-Saving Technologies, Federal Research Centre of Biological Systems and Agro-technologies of the Russian Academy of Sciences, [yura.kaftan@mail.ru](mailto:yura.kaftan@mail.ru).

V.Yu. Skorokhodov, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Research Scientist, the Dept. of Soil Management and Resource-Saving Technologies, Federal Research Centre of Biological Systems and Agro-technologies of the Russian Academy of Sciences, [skorohodov.vitali1975@mail.ru](mailto:skorohodov.vitali1975@mail.ru).

A.A. Zorov, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Research Scientist, Deputy Director – Head of Orenburg Research Institute of Agriculture, Structural Subdivision of Federal Research Centre of Biological Systems and Agro-technologies of the Russian Academy of Sciences, [zorov78@yandex.ru](mailto:zorov78@yandex.ru).

Статья поступила в редакцию 20.12.2022; одобрена после рецензирования 25.02.2023; принята к публикации 03.03.2023.

The article was submitted 20.12.2022; approved after reviewing 25.02.2023; accepted for publication 03.03.2023.

© Митрофанов Д.В., Кафтан Ю.В., Скороходов В.Ю., Зоров А.А., 2023

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

Научная статья

УДК 632.633.63

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2023\_2\_36

EDN: EBITWJ

**Эффективность применения малотоксичных для окружающей среды  
средств защиты сахарной свеклы от вредоносных болезней семян**

Наргиза Алардуновна Садыкова<sup>1</sup>, Масимжан Тарсунович Велямов<sup>2</sup>, Алексей Леонидович Лукин<sup>3✉</sup>,  
Елизавета Айрапетовна Мелькумова<sup>4</sup>, Анатолий Федорович Клишкин<sup>5</sup>

<sup>1,2</sup>Алматинский технологический университет, Алматы, Республика Казахстан

<sup>3,4,5</sup>Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,

Воронеж, Россия

<sup>3</sup>loukine@mail.ru✉

**Аннотация.** К настоящему времени установлено, что среди патогенной микробиоты сахарной свеклы семенная инфекция занимает главенствующее место. С семенами распространяется более 60% возбудителей болезней, среди них особо опасными считаются фузариоз, альтернариоз, корневая гниль и др. В целях снижения распространения патогенов необходимы идентификация наиболее вредоносных возбудителей болезней, прогноз их динамики и применение малотоксичных средств защиты. Для решения этой проблемы в 2018–2020 гг. сотрудники Алматинского технологического университета и Воронежского государственного аграрного университета изучали патоконкомплекс семян сахарной свеклы отечественной и зарубежной селекции, возделываемой в Казахстане. Большое внимание уделялось вопросам увеличения длительности хранения семенного материала. Впервые для условий Казахстана выявлен патоконкомплекс семенного материала, включающий микозы ( $53,0 \pm 3,0\%$ ), бактериозы ( $23,0 \pm 1,0\%$ ) и актинобактерии ( $16,0 \pm 1,0\%$ ). Наименьшее количество составили дрожжи разной этиологии –  $8,0 \pm 1,0\%$ . Наибольшую опасность представляют виды рода *Alternaria* и грибы рода *Fusarium*, которые также являются возбудителями корневая гниль сахарной свеклы и входят в патоконкомплекс, вызывающий гнили корнеплодов. Установлена высокая эффективность препарата на основе штамма *Trichoderma asperellum* КазНИИППП-19, проявившего антагонизм в отношении патогенов семенного материала. По данным изучения вирулетности выделенного штамма установлена его принадлежность к 3-му классу опасности. В процессе исследований определена оптимальная для подавления семенной инфекции сахарной свеклы доза разведения биопрепарата *Trichoderma asperellum* с активностью  $1 \times 10^8$  – 2 мл препарата/100,0 мл дистиллированной воды из расчета на 75,0 г семян. При обработке семян сахарной свеклы биопрепаратом его защитный эффект против опасных инфекций сохраняется в течение 6 месяцев хранения, при этом также улучшаются показатели всхожести и качества семенного материала в полевых условиях.

**Ключевые слова:** сахарная свекла, микробиота, вредоносность, мониторинг, интенсивность развития

**Для цитирования:** Садыкова Н.А., Велямов М.Т., Лукин А.Л., Мелькумова Е.А., Клишкин А.Ф. Эффективность применения малотоксичных для окружающей среды средств защиты сахарной свеклы от вредоносных болезней семян // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 2(77). С. 36–48. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_36](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_36)–48.

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

Original article

**Efficiency of low-toxic sugar beet protection  
agents against harmful seed diseases**

Nargiza A. Sadykova<sup>1</sup>, Masimzhan T. Velyamov<sup>2</sup>, Aleksey L. Lukin<sup>3✉</sup>,  
Elizaveta A. Melkumova<sup>4</sup>, Anatoliy F. Klimkin<sup>5</sup>

<sup>1,2</sup>Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan

<sup>3,4,5</sup>Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

<sup>3</sup>loukine@mail.ru✉

**Abstract.** By now it has been established that among the pathogenic microbiota of sugar beet, seed infections are dominant. More than 60% of pathogens spread with seeds, among which fusarium, alternariasis, root rot, etc. are considered the most harmful. In order to reduce the spread of pathogens, it is necessary to identify the most



harmful pathogens, predict their dynamics and apply low-toxic means of protection. To solve this problem, specialists of Almaty Technological University and Voronezh State Agrarian University studied the pathocomplex of sugar beet seeds of domestic and foreign selection cultivated in Kazakhstan in 2018-2020. Much attention was paid to the issues of increasing the duration of storage of seed material. For the first time in Kazakhstan, a pathocomplex of seed material was identified, including mycoses ( $53.0 \pm 3.0\%$ ), bacterioses ( $23.0 \pm 1.0\%$ ), and actinobacteria ( $16.0 \pm 1.0\%$ ). The lowest percentage was yeast of different etiologies ( $8.0 \pm 1.0\%$ ). The greatest danger is represented by species of the *Alternaria* genus and fungi of the *Fusarium* genus, which are also pathogens of sugar beet root borer and are part of the pathocomplex that causes root rot. It was established that the preparation KazNIIPPP-19 based on the *Trichoderma asperellum* strain was highly efficient and showed antagonism against pathogens of seed material. According to the study of the virulence of the isolated strain, it belongs to the third class of hazard. In the course of research, the optimal dose of dilution of the biological preparation *Trichoderma asperellum* with the activity of  $1 \times 10^8$  was determined to be 2 ml of preparation per 100.0 ml of distilled water per 75.0 g of seeds in order to suppress the seed infection of sugar beet. When sugar beet seeds are treated with this biological preparation, its protective effect against dangerous infections persists for 6 months of storage and also improves the germination and quality of seed material in the field conditions.

**Keywords:** sugar beet, microbiota, harmfulness, monitoring, intensity of development

**For citation:** Sadykova N.A., Velyamov M.T., Lukin A.L., Melkumova E.A., Klimkin A.F. Efficiency of low-toxic sugar beet protection agents against harmful seed diseases. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(2):36-48. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_36-48](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_36-48).

## Введение

Сахарная свекла, относящаяся к группе разновидностей обыкновенной корнеплодной свеклы (*Beta vulgaris* L.), – техническая культура, в корнях которой содержится много сахарозы и которая выращивается в коммерческих целях для производства сахара во многих странах мира, в том числе и в России.

Сахарная свекла была введена в культуру относительно недавно. Культурная двулетняя свекла происходит от дикой однолетней, которую начали выращивать в Передней (Западной) Азии за 2000–1500 лет до н.э. [7, 12].

В России выращивание сахарной свеклы и сахароварение берут начало в 1802 г., когда в селе Алябьево бывшей Тульской губернии был открыт первый сахарный завод. Однако в промышленных масштабах получение сахара из сахарной свеклы началось только в середине XIX в.

В мировом земледелии сахарная свекла возделывается на площади более 9,5 млн га. Значение этой ценной и стратегически важной культуры трудно переоценить. Корнеплоды содержат свыше 20% сахаров, включая сахарозу, глюкозу и фруктозу. Из патоки – побочного продукта сахарного производства – получают спирт, глицерин, лимонную кислоту [2, 4]. В органах этого растения содержатся моно- и дисахара, что относится к положительным качествам, определяющим пищевую и технологическую ценность корнеплодов. Однако значительное количество моно- и дисахаров, являющихся питательным субстратом для патогенов, приводит к неконтролируемому росту различных инфекций.

В последние десятилетия конца XX – начала XXI вв. возросла поражаемость сахарной свеклы инфекционными болезнями, что связано с рядом изменяющихся абиотических факторов, к которым относятся:

- изменение климата в сторону потепления;
- нарушение технологии возделывания (особенно севообороты с укороченной ротацией);
- появление новых агрессивных рас патогенов;
- нарушение режимов хранения семенного материала;
- изменение сортимента;
- появление редких и новых болезней сахарной свеклы на территории Российской Федерации и Казахстана [15].

Для получения высоких урожаев сахарной свеклы необходимо использовать только качественные семена, которые являются носителями биологических и хозяйственно ценных признаков.

К настоящему времени известно, что семена аккумулируют на своей поверхности и внутренних тканях инфекции различной этиологии [14]. Среди патогенной микробиоты сахарной свеклы семенная инфекция занимает главенствующее место. С семенами распространяется более 60% возбудителей болезней, среди них наиболее вредоносными считаются фузариоз, альтернариоз, корневая гниль и др. На посевах сахарной свеклы в основном регистрируются микозы, бактериозы и вирусозы, причем вирусные болезни передаются с семенами, однако диагностировать их традиционными методами сложно, необходимо выполнять молекулярно-генетические анализы.

В целях снижения распространения патогенов необходимы идентификация наиболее вредоносных возбудителей болезней, прогноз их динамики и применение малотоксичных и экологически безопасных для здоровья человека и окружающей среды средств защиты сахарной свеклы от патоконплекса.

Для решения этой проблемы в 2018–2020 гг. сотрудники лаборатории биотехнологии Алматинского технологического университета и кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений Воронежского государственного аграрного университета изучали патоконплекс семян сахарной свеклы отечественной и зарубежной селекции, возделываемой в Казахстане. Большое внимание уделялось вопросам увеличения длительности хранения семенного материала.

#### **Материалы и методы**

Объектами исследований служили семена сахарной свеклы отечественной и зарубежной селекции, возделываемые в Казахстане: Айшолпан, Тараз, Константа, Аксу, Руслан, Веста, Киргизская односемянная.

Идентификация возбудителей болезней осуществлялась методом визуализации путем приготовления микропрепаратов, их микроскопирования и получения фотографических снимков микроорганизмов с помощью микроскопа Axioskop 40 FL (Carl Zeiss, Германия).

Культивирование несовершенных грибов и бактерий осуществляли с использованием различных питательных сред по общепринятым методикам [2, 6, 9, 11].

Анализ проб семян сахарной свеклы на грибную и бактериальную инфекцию проводили по ГОСТ 10444.12-2013 [5].

При окраске клеток бактерий по Граму использовали цветовую реакцию фуксина: сине-фиолетовую – для грамположительных, красную – для грамотрицательных.

При постановке опытов с семян сахарной свеклы в стерильных условиях проводили смывы микроорганизмов, которые затем культивировали на различных питательных средах: КГА, Чапека, Сабура, СПА, МПА.

В процессе исследований определяли эффективность действия биопрепарата на основе аборигенного штамма *Trichoderma asperellum* КазНИИППП-19 на увеличение сроков хранения семенного материала сахарной свеклы [3].

Производственные испытания осуществляли в условиях хозяйств Алматинской области по схеме:

- 1 – контроль (семена без обработки);
- 2 – семена, обработанные препаратами Селестоп (доза обработки – 0,01/100 мл дистиллированной воды, расход препарата – 1,33 мл из расчета на 10,0 кг семян) + Фитоспорин-М (доза обработки – 1,0 мл/100 мл дистиллированной воды, расход биопрепарата – 135,0 мл из расчета на 10,0 кг семян);
- 3 – семена, обработанные препаратами Максим (доза обработки – 1,0 мл/100 мл дистиллированной воды, расход биопрепарата – 135,0 мл из расчета на 10,0 кг семян) + Экстрасол (доза обработки – 5,0 мл/100 мл дистиллированной воды, расход биопрепарата – 675,0 мл на 10,0 кг семян);
- 4 – семена, обработанные биопрепаратом на основе аборигенного штамма *Trichoderma asperellum* КазНИИППП-19 с активностью  $1,0 \times 10^8$  (доза обработки – 2,0 мл/100 мл дистиллированной воды, расход биопрепарата – 270,0 мл на 10,0 кг семян).

Обработку семян сахарной свеклы препаратами проводили перед закладкой на хранение.

В полевых опытах площадь деланки составляла 0,2 га, повторность – трехкратная.

### Результаты и их обсуждение

В процессе исследований проводили анализ семян на поверхностную и внутреннюю инфекцию. Из хозяйств Жамбылской и Алматинской областей Республики Казахстан получили исходный материал семян, который анализировался в лабораторных условиях ТОО «Казахский НИИ перерабатывающей и пищевой промышленности».

При выявлении патогенной микробиоты семян вначале анализировалась энергия их прорастания на 3-и сутки, а затем лабораторная всхожесть на 10-е сутки (табл. 1).

Таблица 1. Результаты определения энергии прорастания и лабораторной всхожести семян различных сортов сахарной свеклы

Сорт	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %	Всего семян, шт.	Из них непроросших, шт.
Айшолпан	21 ± 1,0	50 ± 2,0	34 ± 2,0	7 ± 1,0
Тараз	3 ± 1,0	15 ± 1,0	33 ± 2,0	28 ± 1,0
Константа	21 ± 1,0	53 ± 3,0	34 ± 2,0	16 ± 1,0
Аксу	4 ± 1,0	44 ± 2,0	59 ± 2,0	33 ± 2,0
Руслан	31 ± 2,0	91 ± 3,0	32 ± 2,0	3 ± 1,0
Веста	27 ± 1,0	32 ± 2,0	33 ± 2,0	1
Финал (семена дражированные)	0	0	34 ± 2,0	34 ± 2,0

Максимальные значения энергии прорастания и лабораторной всхожести отмечены у сорта Руслан – соответственно 31 ± 2,0% и 91 ± 3,0%. За ним по этим показателям расположились сорта Константа (21 ± 1,0 и 53 ± 3,0%) и Айшолпан (21 ± 1,0 и 50 ± 2,0%). Семена сорта Финал (дражированные) за 10 суток опыта не проросли. Причиной служило наличие патогенов грибного и бактериального происхождения. Для выяснения причин этого явления проведена фитоэкспертиза семян сахарной свеклы этого сорта, с использованием различных питательных сред выделены и культивированы микромицеты и бактерии. В результате установлено, что максимальное количество микроорганизмов представлено микромицетами – несовершенными грибами – 53 ± 1,0%, далее в убывающем порядке идут истинные грамположительные и грамотрицательные бактерии – 23,0 ± 2,0%, актинобактерии – 16,0 ± 1,0% и дрожжи бактериально-грибной природы – 8,0 ± 1,0%.

Отобранные штаммы микроорганизмов идентифицированы с помощью традиционных классических методов. Среди микромицетов следует отметить *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., *Cladosporium sp.*, *Mucor sp.*, *Fusarium sp.*, *Penicillium sp.*, *Aspergillus sp.* (табл. 2). Из этого набора фитопатогенов наибольшую опасность представляют виды рода *Alternaria* и *Fusarium*, которые также являются возбудителями корневой болезни сахарной свеклы.

Таблица 2. Частота встречаемости микромицетов на поверхностную и внутреннюю инфекцию семян сахарной свеклы, %

Виды микромицетов	Частота встречаемости, %	
	Поверхностная инфекция (околоплодник)	Внутреннее инфицирование
<i>Alternaria alternata</i>	36,6 ± 2,0	37,0 ± 2,0
<i>Aspergillus flavus</i>	10,5 ± 1,0	
<i>Botrytis cinerea</i>	6,3 ± 1,0	5,3 ± 1,0
<i>Cladosporium sp.</i>	5,8 ± 1,0	
<i>Fusarium oxysporum</i>	15,8 ± 1,0	5,3 ± 1,0
<i>Fusarium sp.</i>	5,3 ± 1,0	
<i>Mucor sp.</i>	10,6 ± 1,0	
<i>Penicillium glaucum</i>	11,1 ± 1,0	5,3 ± 1,0

Из данных таблицы 2 видно, что наиболее часто встречаются грибы рода *Alternaria* (на околоплоднике –  $36,6 \pm 2,0\%$ , внутренняя инфекция –  $37,0 \pm 2,0\%$ ), *Fusarium* (на околоплоднике – от  $5,3 \pm 1,0\%$  до  $15,8 \pm 1,0\%$ , внутренняя инфекция –  $5,3 \pm 1,0\%$ ), а также *Penicillium glaucum* (на околоплоднике –  $11,1 \pm 1,0\%$ , внутренняя инфекция –  $5,3 \pm 1,0\%$ ). Полученные данные согласуются с исследованиями О.И. Стогниенко [14, 15].

Установлено, что семена и плодики подвержены воздействию грибной и бактериальной инфекциям, которые локализованы как на поверхности, так и внутри них. Неблагоприятные условия вегетации культуры, к которым относятся повышенная влажность и пониженная температура, с нарушением технологии хранения способствовали развитию инфекций околоплодника. Это тесно связано с возбудителями, вызывающими различные болезни листового аппарата: *Phoma betae* Frank (зональная пятнистость), *Erysiphe communis* Grev. f. sp. *betae* Yasr (мучнистая роса), *Cercospora beticola* Sacc. (церкоспоровая пятнистость), *Ramularia beticola* Rostr. (пятнистость листьев) [13]. Все эти патогены снижают выполненность семян, их всхожесть и энергию прорастания.

Среди сапротрофных грибов околоплодника семян наиболее часто встречались *A. alternata* (возбудитель черной плесени), *Cladosporium* sp. (возбудитель оливковой плесени), а также *Mucor* sp. (возбудитель кагатной и др. гнилей корнеплодов). Грибы рода *Fusarium* вызывали увядание листьев, причиной явилось поражение с последующим отмиранием сосудисто-волокнистого пучка, что нарушало транспорт воды и питательных веществ [15].

После уборки на околоплодниках обнаружены почвенные грибы, представленные в основном *Fusarium* sp., *Trichoderma lignorum* Pers. и другими видами этого рода.

После закладки на хранение семян на околоплодниках обнаружены плесневые грибы видов родов *Penicillium* и *Aspergillus*.

На внутренней поверхности околоплодника и семени фиксировалась внутренняя инфекция. При этом наибольшую опасность представляют *A. alternata*, грибы рода *Fusarium* sp., а также *Verticillium* sp., который вызывает вертициллезное увядание, приводящее к некрозу сосудистых пучков, может сохраняться как на почве, растительных остатках, так и на поверхности семян.

Бактериальная биота на семенах была представлена родами *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Paenibacillus*, дрожжи и дрожжеподобные организмы – бактериями и грибами *Cryptococcus* и *Saccharomyces*, а из актинобактерий преобладал род *Streptosporangium*.

Весь патоккомплекс, представленный на семенах сахарной свеклы, при повышенной влажности и неблагоприятном температурном режиме снижает качество корнеплодов и их лежкость, сокращает период хранения и провоцирует развитие корневой гнили. Некоторые возбудители корневой гнили передаются с семенами: *Rhizopus stolonifer*, *Martierella* sp., *Rh. betae*, *Asp. flavus*.

В фазе двух пар настоящих листьев сахарной свеклы наблюдалось появление видов грибов рода *Fusarium*, вызывающих болезни семян и развитие корневой гнили, при этом доминировал вид *F. oxysporum* Schlecht. На возникновение и распространенность корневой гнили большое влияние оказывают абиотические факторы, к которым относятся заморозки, почвенная засуха и корка, образующаяся после обильных осадков, а также повреждение сосущими вредителями, обработка гербицидами, снижающими тургор растений сахарной свеклы. Уменьшение осмотического давления способствует проникновению мицелия грибов в ткани проростка корня.

В настоящее время производят и используют для посева в основном инкрустированные и дражированные семена. Для инкрустированных семян вредоносны патогены, локализованные как на поверхности, так и внутри околоплодника, в то время как для дражированных семян первостепенное значение имеет внутренняя инфекция.

В целях снижения вредоносности микробиоты необходимо протравливать семена фунгицидами. Современный ассортимент протравителей позволяет уменьшить патогенность возбудителей не только семенного материала, но и взрослых растений сахарной свеклы. При нарушении дозировки протравителей и повышенной влажности, когда фунгициды вымываются в почву, происходит инфицирование и гибель посевов.

Подбор протравителей осуществляли после проведения фитоэкспертизы семян сахарной свеклы. Комплексное применение агротехнических приемов и химических средств защиты значительно снижало степень развития заболевания.

В ходе проведенных скрининговых исследований по изучению микробиоты почвенных образцов, отобранных из ризосферы и с поверхности семян сахарной свеклы, выделен гриб из рода *Trichoderma*. Известно, что в процессе своего развития грибы этого рода вырабатывают природные антибиотики – глиотоксин, сацуккалин, триходермин и виридин. Весь комплекс антибиотиков, входящих в состав *Trichoderma*, подавляет многие опасные болезни культурных растений – фитофтороз, мучнистую росу, ложную мучнистую росу, серую гниль, бурую пятнистость, ризоктониоз и др. Действие *Trichoderma* очень мощное, к примеру, степень зараженности огурца белой гнилью снижается в 3 раза, а урожайность повышается на 34,5%. На основе вида *Tr. harzianum*, штамм Г 30 (ВИЗР) сотрудниками Всероссийского НИИ защиты растений создан препарат Трихоцин, СП (титр  $10^{10}$  КОЕ/г), который применяют для предпосевной обработки семян пшеницы с целью защиты от корневых гнилей (фузариозной, церкоспореллезной и др.).

Против листостебельных болезней (септориоз, мучнистая роса и др.) этот препарат в норме расхода 30–40 г/га используют в период вегетации (дважды). На основе другого штамма этого вида (ВКМ F4099D) создан препарат Стернифаг, СП (титр  $10^{10}$  КОЕ/г), который применяют против корневых гнилей на пшенице путем опрыскивания почвы и растительных остатков после уборки предшествующей культуры.

О.И. Стогниенко [15] среди почвенных грибов на околоплодниках обнаружила и выделила в чистую культуру серию видов грибов из рода *Fusarium sp.*, а также *Trichoderma lignorum*. Н.Н. Леоновым, В.П. Сокирко и Е.А. Мелькумовой (2019) проведены исследования по действию биофунгицидов на основе *Trichoderma harzianum* Rifai в целях оздоровления почв в насаждениях алычи [8].

В связи с тем, что представители различных видов *Trichoderma* на сахарной свекле практически не изучены, нами предпринята попытка выделить штаммы этого гриба и определить его видовую принадлежность. Для этого подобраны питательные среды, температурные градиенты и освещенность. В результате установлены оптимальные параметры, изучен антагонизм, идентифицирована видовая принадлежность аборигенного штамма *Trichoderma asperellum*, который с успехом культивировали на среде Чапека. Для обильного спороношения установлена оптимальная температура 25 °С и отсутствие источника света. Диффузии пигмента в агаре не происходило, у старых колоний присутствовал слабый специфический запах. Парные ответвления гиф гриба формируются ниже верхушки конидиеносца и располагаются под углом около 90° по отношению к основной оси, ширина конидиеносца – 2,1–5,0 мкм. Фиалиды образуются на концах ветвей первого и второго порядка, формируя их скопления. Конидии темно-зеленого цвета имеют шаровидно-яйцевидную форму, диаметром 3,5–4,0 мкм. Дано подробное описание морфолого-культурального аборигенного штамма. Для ускоренного получения биоматериала использовалась жидкая среда Чапека, которая в перспективе может служить для промышленного получения биопрепарата.

По морфолого-культуральным признакам аборигенный штамм гриба отнесен к виду *Trichoderma asperellum*. В целях подтверждения его видовой принадлежности проведен ПЦР-анализ в лаборатории химических и молекулярно-генетических методов исследований и анализа ТОО «Научно-производственный центр микробиологии и вирусологии». Установлено, что данный штамм является сапротрофом, строгим аэробом.

Исследование ДНК с использованием специфичных ITS-фрагментов ядерных рибосомальных ДНК-изолятов *Trichoderma* подтвердило результаты идентификации, определенные по морфологическим свойствам. В результате выделенной культуре в 2020 г. присвоен специальный номер штамма и обозначение *Trichoderma asperellum* КазНИИППП-19 (Регистрационный № 09/12 апреля 2020 г.).

По данным изучения вирулетности выделенного штамма установлена его принадлежность к 3-му классу опасности.

На следующем этапе исследований проведено определение ингибирующей активности этого штамма в подавлении опасных возбудителей болезней семян сахарной свеклы в период хранения.

Антагонистическое действие аборигенного штамма *Trichoderma asperellum* в отношении патогенов семян представлено в таблицах 3 и 4.

**Таблица 3. Индекс антагонизма *Trichoderma asperellum* КазНИИППП-19 в отношении патогенов семян сахарной свеклы**

Микробиота	Балл
<i>Fusarium sp.</i>	4 ± 1,0
<i>Alternaria sp.</i>	4 ± 1,0
<i>Botrytis sp.</i>	3 ± 1,0
<i>Sclerotinia sp.</i>	1,0

**Таблица 4. Антагонистическая активность *Trichoderma asperellum* в отношении основных возбудителей болезней семян сахарной свеклы, выделенных в 2020 г.**

Зона подавления роста, мм			
Наименование штамма	<i>Alternaria sp.</i>	<i>Botrytis sp.</i>	<i>Sclerotinia sp.</i>
<i>Trichoderma asperellum</i> КазНИИППП-19	25 ± 1,0	30 ± 1,0	20 ± 1,0

Исследуемый штамм *Trichoderma asperellum* представлен в качестве эффективного антагониста и снижал действие микромицетов семян: *Fusarium*, *Alternaria*. Индекс по шкале Джонсона и Карла составил 4 балла, что свидетельствует о подавлении одного организма другим при непосредственном контакте, когда антагонист активно доминирует и одновременно формирует стерильную зону, снижающую рост патогена (25–26 мм). Данный штамм ингибировал изоляты *Botrytis sp.* и *Sclerotinia sp.* (зона отчуждения 20 мм и 30 мм), индекс антагонизма при этом составил соответственно 3 и 1 балл.

В перспективе аборигенный штамм *Trichoderma asperellum* планируется использовать в виде спорово-мицелиального препарата для подавления большего количества фитопатогенов.

Доказано положительное действие аборигенного штамма *Trichoderma asperellum* на рост и развитие сосудистых растений благодаря выделению физиологически активных веществ. Наибольший эффект отмечен при разведениях 1 : 10 и 1 : 50. Кроме того, полученный препарат обладает широким спектром антагонистической и ростостимулирующей активности.

В последнее время появились сведения о том, что грибы рода *Trichoderma*, помимо защитных свойств, способны вырабатывать фитогормоны, а также оказывать стимулирующее действие на рост и развитие растений. Это объясняется тем, что данные микроорганизмы обладают полезными свойствами к продуцированию ростовых веществ, антибиотиков, а также иммунизации растений. Все это способствовало увеличению поглотительной активности корневой системы культурных растений, в том числе и сахарной свеклы [10, 16, 17].

Проведены исследования по изучению динамики видового состава и численности микробиоты семенной инфекции в период длительного хранения. С этой целью осуществлена фитоэкспертиза семян 2-х районированных сортов (Тараз, Айшолпан) и одного зарубежного (Киргизская односемянная). В ходе проведенного анализа помимо патогенных микромицетов *Alternaria sp.* и *Fusarium sp.* установлены сопутствующие плесневые грибы – *Mucor sp.*, *Penicillium sp.* и *Aspergillus sp.* Проанализирована как поверхностная, так и внутренняя зараженность семян, при этом бактериальная биота представлена родами *Paenibacillus*, *Bacillus*, *Lactobacillus* и *Pseudomonas*.

Впервые выявлен комплекс семенных микромицетов в свеклосеющих регионах Казахстана, где доминирует род грибов *Alternaria sp.* В данном случае как по численности, так и по частоте встречаемости микробиота семян представлена родами *Fusarium* и *Penicillium*, которые являются при определенных условиях (высокая влажность и пониженная температура) возбудителями корневая.

В опытах по обработке семян биопрепаратом *Tr. asperellum* использовали следующие дозы разведения: 0,5%; 1,0; 1,5; 2,0 и 2,5%. После обработки семена закладывали на хранение и через 15 дней анализировали их микробиологический состав (табл. 5).

**Таблица 5. Определение оптимальной дозы разведения биопрепарата *Trichoderma asperellum* для подавления семенной инфекции сахарной свеклы в период хранения**

Вариант опыта	Доза разведения препарата	Количество колоний микроорганизмов, шт. (КОЕ)					
		Семена сортов					
		Айшолпан		Тараз		Киргизская односемянная	
		Б	Г	Б	Г	Б	Г
Контроль	Обработка дистиллированной водой	65 ± 2,0	4 ± 1,0	64 ± 2,0	4 ± 1,0	68 ± 1,0	3 ± 1,0
Обработка биопрепаратом <i>Trichoderma asperellum</i> с активностью $1 \times 10^8$	0,5	42 ± 1,0	1,0	47 ± 1,0	2 ± 1,0	49 ± 1,0	2 ± 1,0
	1,0	27 ± 1,0	1,0	29 ± 1,0	1,0	28 ± 1,0	1,0
	1,5	26 ± 1,0	0	27 ± 2,0	0	25 ± 2,0	0
	2,0	18 ± 2,5	0	19 ± 2,0	0	18 ± 1,0	0
	2,5	18 ± 2,5	0	18 ± 2,0	0	18 ± 1,0	0

Примечание: Б – бактерии; Г – грибы.

Установлено, что оптимальной дозой разведения биопрепарата *Trichoderma asperellum*, которая максимально подавляет семенную инфекцию сахарной свеклы в период хранения, является  $1,0 \times 10^8$  (2 мл препарата/100,0 мл дистиллированной воды из расчета на 75,0 г семян).

С целью подавления семенной инфекции сахарной свеклы в период длительного хранения в лабораторных условиях анализировали различные варианты применения препаратов (из различных классов соединений) в сочетании с регуляторами роста и отдельно с биопрепаратом.

В опыты включены препараты, разрешенные для применения на территории Российской Федерации и Казахстана. В качестве сравнительного варианта использовали опытный образец биопрепарата на основе аборигенного штамма гриба *Trichoderma asperellum*. Выбранные в качестве объекта исследования сортообразцы ежемесячно анализировали на наличие микробиоты. Полученные результаты приведены в таблице 6.

Таблица 6. Динамика видового состава микроорганизмов на семенах сахарной свеклы при хранении

Дата учета	Варианты опыта	Количество колоний микроорганизмов, шт.					
		Сорта					
		Айшолпан		Тараз		Киргизская односемянная	
		Б	Г	Б	Г	Б	Г
21.02.20	Контроль	99 ± 2,0	1	90 ± 2,0	0	111 ± 1,0	2 ± 1,0
	Селестоп + Фитоспорин-М	22 ± 1,0	0	33 ± 1,0	0	24 ± 1,0	0
	Максим + Экстрасол	32 ± 1,0	0	34 ± 2,0	0	38 ± 2,0	0
	<i>Trichoderma asperellum</i>	34 ± 2,5	0	35 ± 2,0	0	32 ± 1,0	0
22.03.20	Контроль	111 ± 3,0	0	93 ± 1,0	1	112 ± 2,0	0
	Селестоп + Фитоспорин-М	22 ± 2,0	0	25 ± 1,0	0	29 ± 1,0	0
	Максим + Экстрасол	31 ± 1,0	0	42 ± 1,0	0	32 ± 2,0	0
	<i>Trichoderma asperellum</i>	35 ± 1,0	0	43 ± 2,0	0	31 ± 1,0	0
22.04.20	Контроль	124 ± 1,0	2 ± 1,0	100 ± 1,0	2 ± 1,0	123 ± 2,0	3 ± 1,0
	Селестоп + Фитоспорин-М	31 ± 1,0	0	33 ± 1,0	0	32 ± 2,0	0
	Максим + Экстрасол	42 ± 2,0	0	40 ± 1,0	0	44 ± 1,0	0
	<i>Trichoderma asperellum</i>	43 ± 2,0	0	42 ± 3,0	0	48 ± 1,0	0

Примечание: Б – бактерии; Г – грибы.

На всех вариантах преобладали колонии бактерий родов *Bacillus*, *Paenibacillus*, *Pseudomonas*. Количество этих колоний до начала закладки семян на хранение у сортов Айшолпан, Тараз и Киргизская односемянная составляло соответственно  $22,0 \pm 1,0$  шт.,  $33,0 \pm 1,0$  шт. и  $24,0 \pm 1,0$  шт., а к 3-й декаде апреля произошло их увеличение примерно в 2 раза – до  $45,0 \pm 1,0$  шт.,  $49,0 \pm 2,0$  шт. и  $48 \pm 2,0$  шт. На контроле этот показатель в зависимости от сорта колебался от  $99,0 \pm 2,0$  до  $123,0 \pm 2,0$ . Во всех опытных группах количество колоний микробов снижалось в 3–4 раза ( $22,0 \pm 1,0$  –  $48,0 \pm 1,0$ ) по сравнению с контрольной ( $90,0 \pm 2,0$  –  $124,0 \pm 1,0$ ). Таким образом, все испытанные препараты сдерживали их рост. Единичные колонии грибов родов *Aspergillus* и *Penicillium* на вариантах опыта отмечались уже в 3-й декаде апреля перед посевом семян в грунт.

Композиции препаратов Селестоп (0,01/100 мл дистиллированной воды) + Фитоспорин-М (1,0 мл/100 мл дистиллированной воды) и Максим (1,0 мл/100 мл дистиллированной воды) + Экстрасол (5 мл/100 мл дистиллированной воды), а также биопрепарат на основе аборигенного штамма гриба *Trichoderma asperellum* с активностью  $1,0 \times 10^8$  (2,0 мл препарата/100 мл дистиллированной воды) в течение трех месяцев сдерживали рост микромицетов и снижали численность бактерий.

Положительные результаты получены на всех трех сортах сахарной свеклы на варианте Селестоп + Фитоспорин-М. Энергия прорастания семян сортов Айшолпан, Тараз и Киргизская односемянная составила соответственно  $89,0 \pm 1,0\%$ ,  $86,0 \pm 1,0\%$  и  $85,0 \pm 1,0\%$ , в то время как лабораторная всхожесть –  $96,0 \pm 1,0\%$ ,  $92,0 \pm 2,0\%$  и  $90,0 \pm 1,0\%$ .

Обработка семян в сочетании фунгицидов с биостимуляторами, а также биологическим препаратом оказала положительное действие и на посевные качества семян. Эффективность биологического препарата аборигенного штамма на основе *Trichoderma asperellum* была на уровне варианта Максим + Экстрасол, но несколько ниже варианта Селестоп + Фитоспорин-М.

Показатели энергии прорастания семян на вариантах применения биологического препарата были выше, чем на контроле: Айшолпан – на  $19,7 \pm 1,0\%$ , Тараз – на  $16,3 \pm 1,0\%$  и Киргизская односемянная – на  $15,8 \pm 1,0\%$ . Показатели всхожести семян на вариантах применения биологического препарата также были выше, чем на контроле: Айшолпан – на  $21,9 \pm 1,0\%$ , Тараз –  $13,6 \pm 1,0\%$  и Киргизской односемянной –  $12,7 \pm 1,0\%$ .

Таким образом, препарат на основе гриба *Trichoderma asperellum* обладал высокой биологической эффективностью против болезнетворных микроорганизмов семян сахарной свеклы в течение 3-х месяцев хранения, а также улучшал их посевные качества.



Дальнейшие исследования позволили установить, что эффективность препарата сохраняется в течение последующих 4–6 месяцев хранения.

Данные, свидетельствующие о положительном влиянии биопрепарата *Trichoderma asperellum* на длительность хранения семян сахарной свеклы в течение 4–6 месяцев, приведены в таблице 7.

Таблица 7. Динамика видового состава микроорганизмов на семенах сахарной свеклы по вариантам различных обработок в течение 4–6 месяцев хранения

Дата учета	Варианты опыта	Количество колоний микроорганизмов, шт.					
		Сорта					
		Айшолпан		Тараз		Киргизская односемянная	
		Б	Г	Б	Г	Б	Г
19.05.20	Контроль	155 ± 1,0	3 ± 1,0	145 ± 2,0	4 ± 1,0	162 ± 2,0	3 ± 1,0
	Селестоп + Фитоспорин-М	34 ± 2,0	0	35 ± 1,0	0	36 ± 2,0	0
	Максим + Экстрасол	44 ± 1,0	0	42 ± 1,0	0	45 ± 2,0	0
	<i>Trichoderma asperellum</i>	45 ± 2,0	0	44 ± 2,0	0	49 ± 1,0	0
22.06.20	Контроль	165 ± 2,0	4 ± 1,0	156 ± 2,0	5 ± 1,0	178 ± 2,0	4 ± 1,0
	Селестоп + Фитоспорин-М	36 ± 2,0	0	37 ± 1,0	0	39 ± 1,0	0
	Максим + Экстрасол	46 ± 2,0	0	45 ± 2,0	0	51 ± 2,0	0
	<i>Trichoderma asperellum</i>	46 ± 1,0	0	46 ± 2,0	0	50 ± 1,0	0
21.07.20	Контроль	174 ± 2,0	5 ± 1,0	168 ± 1,0	6 ± 1,0	183 ± 2,0	5 ± 1,0
	Селестоп + Фитоспорин-М	38 ± 2,0	0	39 ± 1,0	0	42 ± 2,0	0
	Максим + Экстрасол	48 ± 2,0	0	46 ± 1,0	0	52 ± 1,0	0
	<i>Trichoderma asperellum</i>	49 ± 2,0	0	47 ± 2,0	0	53 ± 1,0	0

Примечание: Б – бактерии; Г – грибы.

Во всех опытных группах количество колоний микроорганизмов колебалось незначительно – от  $22,0 \pm 1,0$  до  $53,0 \pm 1,0$  шт., что было в 3–4 раза ниже показателей на контроле –  $99,0 \pm 2,0$  –  $183,0 \pm 2,0$ . Такое снижение обусловлено использованием препаратов, которые сдерживали рост и развитие микроорганизмов. Во всех опытных группах и на контроле к 4-му и 6-му месяцам хранения наблюдалась примерно одинаковая динамика увеличения количества выявляемых микроорганизмов – на 5,0–10,0% по сравнению с первыми месяцами.

Таким образом, можно утверждать, что композиции препаратов Селестоп + Фитоспорин-М и Максим + Экстрасол в сочетании с биопрепаратом на основе штамма гриба *Trichoderma asperellum* в течение 6-ти месяцев сдерживали рост и развитие микроорганизмов в целом, а также снижали численность бактерий.

С целью определения влияния различных композиций препаратов на посевные качества семян нескольких сортов сахарной свеклы ежемесячно в период хранения в течение 4–6 месяцев анализировали образцы семян, обработанные вышеуказанными препаратами, и определяли их энергию прорастания и лабораторную всхожесть (табл. 8).

Самые высокие результаты получены на варианте обработки семян свеклы сорта Айшолпан препаратами Селестоп + Фитоспорин-М.

Показатели энергии прорастания имели примерно одинаковые значения и составили у сортов Айшолпан, Тараз и Киргизская односемянная соответственно  $84,0$ – $93,0 \pm 1,0\%$ ,  $81,0$ – $89,0 \pm 1,0\%$ ,  $84,0$ – $88,0 \pm 1,0\%$ . Показатели лабораторной всхожести также приближались к средним значениям и составили соответственно  $92,0$ – $97,0 \pm 1,0\%$ ,  $90,0$ – $94,0 \pm 2,0\%$  и  $90,0$ – $96,0 \pm 1,0\%$ . При этом установлено, что обработки семян фунгицидами и биостимулятором, а также биологическим препаратом в течение 6-ти месяцев оказывали положительное влияние на посевные качества семян. Эффективность биологического препарата на основе гриба *Trichoderma asperellum* отмечена на уровне варианта Максим + Экстрасол, но несколько ниже варианта Селестоп + Фитоспорин-М.

Таблица 8. Степень влияния различных композиций препаратов на посевные качества семян испытываемых сортов сахарной свеклы в течение 4–6 месяцев хранения

Варианты опыта	Айшолпан		Тараз		Киргизская односемянная	
	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %
Энергия прорастания – 22.05.2020, всхожесть – 26.05.2020						
Контроль	67 ± 1,0	73 ± 1,0	69 ± 1,0	75 ± 1,0	68 ± 2,0	75 ± 2,0
Селестоп + Фитоспорин-М	90 ± 1,0	97 ± 1,0	86 ± 1,0	93 ± 2,0	86 ± 1,0	91 ± 1,0
Максим + Экстрасол	85 ± 1,0	95 ± 2,0	82 ± 1,0	91 ± 2,0	85 ± 2,0	90 ± 2,0
<i>Trichoderma asperellum</i>	84 ± 2,0	95 ± 1,0	81 ± 1,0	90 ± 2,0	84 ± 1,0	90 ± 1,0
Энергия прорастания – 25.06.2020, всхожесть – 29.06.2020						
Контроль	65 ± 1,0	75 ± 1,0	68 ± 1,0	75 ± 1,0	69 ± 2,0	77 ± 2,0
Селестоп + Фитоспорин-М	92 ± 1,0	96 ± 1,0	88 ± 1,0	93 ± 2,0	88 ± 1,0	93 ± 1,0
Максим + Экстрасол	87 ± 1,0	95 ± 2,0	85 ± 1,0	90 ± 2,0	86 ± 2,0	92 ± 2,0
<i>Trichoderma asperellum</i>	88 ± 2,0	94 ± 1,0	85 ± 1,0	91 ± 2,0	85 ± 1,0	90 ± 1,0
Энергия прорастания – 24.07.2020, всхожесть – 28.07.2020						
Контроль	64 ± 1,0	75 ± 1,0	64 ± 1,0	76 ± 1,0	71 ± 2,0	75 ± 2,0
Селестоп + Фитоспорин-М	93 ± 1,0	96 ± 1,0	89 ± 1,0	94 ± 2,0	86 ± 1,0	96 ± 1,0
Максим + Экстрасол	88 ± 1,0	93 ± 2,0	86 ± 1,0	92 ± 2,0	85 ± 2,0	93 ± 2,0
<i>Trichoderma asperellum</i>	87 ± 2,0	92 ± 1,0	85 ± 1,0	90 ± 2,0	85 ± 1,0	92 ± 1,0

При этом в течение 4–6 месяцев хранения показатели энергии прорастания на вариантах применения биологического препарата были выше, чем на контроле: у сортов Айшолпан, Тараз и Киргизская односемянная соответственно на  $17,0–29,0 \pm 1,0\%$ ,  $12,0–25,0 \pm 1,0\%$  и  $14,0–19,0 \pm 1,0\%$ . Показатели всхожести на вариантах применения биологического препарата также были выше, чем на контроле: у сортов Айшолпан, Тараз и Киргизская односемянная соответственно на  $17,0–24,0 \pm 1,0\%$ ,  $15,0–19,0 \pm 1,0\%$  и  $15,0–21,0 \pm 1,0\%$ .

Таким образом, биологический препарат на основе *Trichoderma asperellum* в течение 6-ти месяцев хранения обладал защитным эффектом против болезнетворных микроорганизмов семян сахарной свеклы и повышал показатели всхожести.

### Выводы

1. Впервые для условий Казахстана выявлен патоккомплекс семенного материала, включающий микозы и бактериозы, который наносит существенный вред свекловодству, ухудшает качество корнеплодов, их лежкость, при этом потери урожая доходят до 25%.

2. При фитоэкспертизе семенного материала выделены микозы ( $53,0 \pm 3,0\%$ ), бактериозы ( $23,0 \pm 1,0\%$ ) и актинобактерии ( $16,0 \pm 1,0\%$ ). Наименьшее количество составили дрожжи разной этиологии –  $8,0 \pm 1,0\%$ . Наибольшую опасность представляют виды рода *Alternaria* и грибы рода *Fusarium*, которые также являются возбудителями корневой гнили сахарной свеклы и входят в патоккомплекс, вызывающий гнили корнеплодов.

3. Установлена высокая эффективность препарата на основе штамма *Trichoderma asperellum* КазНИИППП-19, проявившего антагонизм в отношении патогенов семенного материала.

4. В процессе исследований определена оптимальная для подавления семенной инфекции сахарной свеклы доза разведения биопрепарата *Trichoderma asperellum* с активностью  $1 \times 10^8$  – 2 мл препарата/100,0 мл дистиллированной воды из расчета на 75,0 г семян.

5. При обработке семян сахарной свеклы биопрепаратом его защитный эффект против опасных инфекций сохраняется в течение 6 месяцев хранения, при этом также улучшаются показатели всхожести и качества семенного материала в полевых условиях.

**Список источников**

1. Благовещенская Е.Ю. Фитопатогенные микромицеты: учебный определитель. Москва: URSS, 2015. 232 с.
2. Брем А. Жизнь растений. Новейшая ботаническая энциклопедия. Москва: Эксмо, 2005. 976 с.
3. Велямов М.Т., Потороко И.Ю., Велямов Ш.М. и др. Исследования по созданию биопрепарата для увеличения сроков хранения семенного материала сахарной свеклы в Республике Казахстан // Техника и технология пищевых производств: материалы XIII международной научно-технической конференции (Могилев, 23–24 апреля 2020 г.). Могилев: Могилевский государственный университет продовольствия, 2020. Т. 1. С. 93–94.
4. Вехов В.Н., Губанов И.А., Лебедева Г.Ф. Культурные растения СССР: справочник-определитель географа и путешественника. Москва: Мысль, 1978. 336 с.
5. ГОСТ 10444.12-2013. Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов. Дата введения в действие 01.07.2015. Москва: Стандартинформ, 2014. 9 с.
6. Дудка А.И., Вассер С.П., Элланская И.А. и др. Методы экспериментальной микологии: справочник; под общей ред. В.И. Билай. Киев: Наукова думка, 1973. 242 с.
7. Жуковский П.М. Культурные растения и их сородичи. Систематика, география, цитогенетика, иммунитет, экология, происхождение, использование. 3-е изд., перераб. и доп. Ленинград: Колос [Ленинградское отделение], 1971. 752 с.
8. Леонов Н.Н., Сокирко В.П., Мелькумова Е.А. Применение биофунгицидов на основе *Trichoderma harzianum* Rifa'i для оздоровления почв в насаждениях алычи // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т. 12, № 1(60). С. 24–30. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2019.1.24.
9. Пидопличко Н.М. Грибы-паразиты культурных растений: определитель. В 3 т. Т. 2. Грибы несовершенные. Киев: Наукова думка, 1977. 300 с.
10. Попова А.Д., Садыкова В.С. Изучение антагонистических свойств штаммов *Trichoderma asperellum* в отношении токсинобразующих грибов рода *Fusarium* // Молодой ученый. 2014. № 8(67). С. 328–330.
11. Саттон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно-патогенных грибов. Москва: Мир, 2001. 468 с.
12. Синская Е.Н. Историческая география культурной флоры; под ред. академика Д.Д. Брежнева. Ленинград: Колос, 1969. 480 с.
13. Станчева Й. Атлас болезней сельскохозяйственных культур. В 5 т. Т. 4. Болезни технических культур; пер. с болгарского. София-Москва: Pensoft, 2003. 186 с.
14. Стогниенко О.И. Особенности формирования патоконтекста в ризосфере сахарной свеклы // Аграрная наука. 2019. Т. 2. С. 65–68. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-326-2-65-68.
15. Стогниенко О.И., Селикова Г.А. Болезни сахарной свеклы, их возбудители: иллюстрированный справочник. Воронеж: Антарес, 2008. 98 с.
16. Chet I. *Trichoderma*-application, mode of action, and potential as a biocontrol agent of soilborne plant pathogenic fungi // In: Innovative approaches to plant disease control. New York: John Wiley and Sons, 1987. Pp. 147–160.
17. Reino J.L., Guerrero R.F., Hernández-Galán R., Collado I.G. Secondary metabolites from species of the biocontrol agent *Trichoderma* // *Phytochemistry Reviews*. 2008. Vol. 7. Pp. 89–123.

**References**

1. Blagoveshchenskaya E.Yu. Fitopatogennyye mikromitsety: uchebnyy opredelitel' [Phytopathogenic micromycetes: educational determinant]. Moscow: URSS Press; 2015. 232 p. (In Russ.).
2. Brem A. Zhizn' rasteniy. Noveyshaya botanicheskaya entsiklopediya [Plant life. The latest botanical encyclopedia. Moscow: Eksmo Press; 2005. 976 p. (In Russ.).
3. Velyamov M.T., Potoroko I.Yu., Velyamov Sh.M. et al. Issledovaniya po sozdaniyu biopreparata dlya uvelicheniya srokov khraneniya semennogo materiala sakharnoy svekly v Respublike Kazahstan [Research on the creation of a biopreparation to increase the shelf life of sugar beet seed material in the Republic of Kazakhstan]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv: materialy XIII mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii (Mogilev, 23-24 aprelya 2020 g.)* [Technique and technology of food production: Proceedings of the XIII International Research and Technical Conference (Mogilev, April 23-24, 2020). Mogilev: Mogilev State University of Food Press; 2020; 1:93-94. (In Russ.).
4. Vekhov V.N., Gubanov I.A., Lebedeva G.F. Kul'turnye rasteniya SSSR: spravochnik-opredelitel' geografa i puteshestvennika [Cultural plants of the USSR: a reference guide for a geographer and traveler]. Moscow: Mysl Press; 1978. 336 p. (In Russ.).
5. GOST 10444.12-2013. Microbiology of food and animal feeding stuffs. Methods for the detection and colony count of yeasts and moulds. Date of validity 01.07.2015. Moscow: Standartinform Press; 2014. 9 p. (In Russ.).
6. Dudka A.I., Wasser S.P., Ellanskaya I.A. et al. Metody eksperimental'noy mikologii: spravochnik; pod obshchey red. V.I. Bilay [Methods of experimental mycology: handbook; under the general editorship of V.I. Bilay]. Kyiv: Naukova dumka Press; 1973. 242 p. (In Russ.).
7. Zhukovskiy P.M. Kul'turnye rasteniya i ikh sorodichi. Sistematika, geografiya, tsitogenetika, immunitet, ekologiya, proiskhozhdenie, ispol'zovanie. 3-e izd., pererab. i dop. [Cultivated plants and their wild relatives. Taxonomy, geography, cytogenetics, immunity, ecology, origin, use. 3<sup>rd</sup> edition, revised and enlarged]. Leningrad: Kolos [Leningrad Department] Press; 1971. 752 p. (In Russ.).

8. Leonov N.N., Sokirko V.P., Melkumova E.A. Primenenie biofungitsidov na osnove *Trichoderma harzianum* Rifai dlya ozdorovleniya pochv v nasazhdeniyakh alychi [The application of biofungicides containing *Trichoderma harzianum* Rifai for soil improvement under cherry plum plantings]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2019;12(1):24-30. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2019.1.24. (In Russ.).
9. Pidoplichko N.M. Griby-parazity kul'turnykh rastenij: opredelitel'. V 3 t. T. 2. Griby nesovershennye [Fungi-parasites of cultivated plants: determinant. In 3 vols. Vol. 2. Fungi imperfecti]. Kiev: Naukova dumka Press; 1977. 300 p. (In Russ.).
10. Popova A.D., Sadykova V.S. Izuchenie antagonistsicheskikh svojstv shtammov *Trichoderma asperellum* v otnoshenii toksinobrazuyushchikh gribov roda *Fusarium* [Study of the antagonistic properties of *Trichoderma asperellum* strains against toxin-producing fungi of the genus *Fusarium*]. *Molodoj uchenyj = Young Scientist*. 2014;8:328-330. (In Russ.).
11. Sutton D.A., Fothergill A.W., Rinaldi M.G. Guide to clinically significant fungi. Baltimore, MD: Williams & Wilkins Publ.; 1998. 471 p. (In Russ.).
12. Sinskaya E.N. Istoricheskaya geografiya kul'turnoj flory; pod red. akademika D.D. Brezhneva [Historical geography of cultural flora; under the general editorship of D.D. Brezhnev]. Leningrad: Kolos Press; 1969. 480 p. (In Russ.).
13. Stancheva Y. Atlas boleznej sel'skokhozyajstvennykh kul'tur [Атлас на болестите по земеделските култури. Т. 4: Болести по техническите култури [Atlas of crop diseases. Vol. 4: Diseases of technical cultures]. Sofia-Moscow: Pensoft Press; 2002. 198 p. (In Russ.).
14. Stognienko O.I. Osobennosti formirovaniya patokompleksa v rizosfere sakharnoj svekly [Features of the formation of the pathocomplex in the rhizosphere of sugar beet]. *Agrarnaya nauka = Agrarian Science*. 2019;2:65-68. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-326-2-65-68. (In Russ.).
15. Stognienko O.I., Selikova G.A. Bolezni sakharnoj svekly, ikh vozбудiteli: illyustrirovannyj spravochnik [Sugar beet diseases, their pathogens: illustrated guide]. Voronezh: Antares Press; 2008. 98 p. (In Russ.).
16. Chet I. Trichoderma-application, mode of action, and potential as a biocontrol agent of soilborne plant pathogenic fungi. In: Innovative approaches to plant disease control. New York: John Wiley and Sons; 1987:147-160.
17. Reino J.L., Guerrero R.F., Hernández-Galán R., Collado I.G. Secondary metabolites from species of the biocontrol agent *Trichoderma*. *Phytochemistry Reviews*. 2008;7:89-123.

#### Информация об авторах

Н.А. Садыкова – соискатель, Алматинский технологический университет, Республика Казахстан, [nara\\_94@inbox.ru](mailto:nara_94@inbox.ru).

М.Т. Велямов – доктор биологических наук, профессор, академик АСХН РК, зав. лабораторией биотехнологии, Алматинский технологический университет, Республика Казахстан, [m.velyamov@rpf.kz](mailto:m.velyamov@rpf.kz).

А.Л. Лукин – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой земледелия, растениеводства и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [loukine@mail.ru](mailto:loukine@mail.ru).

Е.А. Мелькумова – доктор биологических наук, профессор кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [zemledele@agronomy.vsau.ru](mailto:zemledele@agronomy.vsau.ru).

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

#### Information about the authors

N.A. Sadykova, Candidate Degree Seeking Applicant, Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan, [nara\\_94@inbox.ru](mailto:nara_94@inbox.ru).

M.T. Velyamov, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of the Academy of Agricultural Sciences of the Republic of Kazakhstan, Head of the Laboratory of Biotechnology, Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan, [m.velyamov@rpf.kz](mailto:m.velyamov@rpf.kz).

A.L. Lukin, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Dept. of Soil Management, Crop Science and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [loukine@mail.ru](mailto:loukine@mail.ru).

E.A. Melkumova, Doctor of Biological Sciences, Professor, the Dept. of Soil Management, Crop Science and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [zemledele@agronomy.vsau.ru](mailto:zemledele@agronomy.vsau.ru).

A.F. Klimkin, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Soil Management, Crop Science and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [aklimkin.73@yandex.ru](mailto:aklimkin.73@yandex.ru).

Статья поступила в редакцию 12.01.2023; одобрена после рецензирования 18.03.2023; принята к публикации 24.03.2023.

The article was submitted 12.01.2023; approved after reviewing 18.03.2023; accepted for publication 24.03.2023.

© Садыкова Н.А., Велямов М.Т., Лукин А.Л., Мелькумова Е.А., Климкин А.Ф., 2023

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

Научная статья

УДК 633.11«321»:631.524.86

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2023\_2\_49

EDN: GRZKES

**Источники комплексной устойчивости  
яровой мягкой пшеницы из коллекции ВИР****Татьяна Кузьмовна Шешегова<sup>1✉</sup>, Людмила Владиславовна Волкова<sup>2</sup>,  
Люция Муллаахметовна Щеклеина<sup>3</sup>**<sup>1, 2, 3</sup>Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого,  
Киров, Россия<sup>1</sup>sheshegova.tatyana@yandex.ru✉

**Аннотация.** В интегрированной защите посевов от патогенов гарантом благополучной фитосанитарной ситуации является возделывание устойчивых сортов. Практическим инструментом поиска эффективных генов устойчивости яровой мягкой пшеницы к грибным болезням являются образцы из мировой коллекции ВИР. Одним из наиболее приемлемых методов определения неспецифической устойчивости к листовым пятнистостям является анализ скорости нарастания инфекции, которая выражается площадью под кривой развития септориоза, темно-бурой пятнистости, мучнистой росы, фузариоза колоса, бурой и желтой ржавчины изучено иммунологическое состояние 140 коллекционных образцов яровой мягкой пшеницы, у 70 из них проанализированы растительно-микробные взаимодействия с такими патогенами, как *Septoria tritici* Rob. et Desm., *Puccinia recondita* Rob. ex Desm., *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem., *Blumeria graminis* DC. с целью поиска генотипов с высокой неспецифической устойчивостью и медленным нарастанием (slow rusting) инфекции в биоценозах. Начиная с первых симптомов поражения и через каждые 10–14 дней проводили учеты болезней, каждую из которых оценивали по 3–5 раз за вегетацию. Выявлено 17 комплексно-устойчивых образцов. Особую ценность представляют 8 отечественных сортов (Московская 35, Омская 41, Тобольская, Сибирская 21, Кинельская юбилейная, Уральская кукушка, Сигма, Воронежская 20), для которых характерен длительный латентный период болезней, что уменьшает количество генераций возбудителей и замедляет нарастание грибной инфекции в полевых биоценозах. Выявленные источники представляют интерес для селекции, поскольку могут стать основой для создания новых устойчивых сортов. По урожайности они уступали стандарту Маргарита, но по отношению к стандарту Баженка сорта Зауралочка, Исеть 45, Чайка, Памяти Леонтьева, Амир, Злата, Воронежская 18 (Россия) и Voipain (Франция) достоверно (при  $P \geq 0.05$ ) превышали его на 39,5–58,5%.

**Ключевые слова:** сорт, грибные болезни, растительно-микробные взаимодействия, показатель ПКРБ, устойчивость, урожайность, источники

**Для цитирования:** Шешегова Т.К., Волкова Л.В., Щеклеина Л.М. Источники комплексной устойчивости яровой мягкой пшеницы из коллекции ВИР // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 2(77). С. 49–58. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_49-58](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_49-58).

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

Original article

**Sources of complex resistance of spring soft wheat from the collection  
of the N.I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry (VIR)****Tatyana K. Sheshegova<sup>1✉</sup>, Lyudmila V. Volkova<sup>2</sup>, Lucia M. Shchekleina<sup>3</sup>**<sup>1, 2, 3</sup>Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia<sup>1</sup>sheshegova.tatyana@yandex.ru✉

**Abstract.** In the integrated protection of crops from pathogens, the guarantee of safe phytosanitary situation is the cultivation of resistant varieties. Samples from the world collection of the N.I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry (VIR) are generally assumed as a practical tool for finding effective genes for resistance of spring soft wheat to fungal diseases. One of the most acceptable methods for determining nonspecific resistance to shot holes is the analysis of the rate of infection increase, which is expressed by the area under disease progress curve (AUDPC). Specialists of Federal Agricultural Research Center of the North-East have studied the immunological state of 140 collection samples of spring soft wheat in harsh natural infectious conditions of development of septoria, dark brown mottling, powdery mildew, fusarium head blight, brown and yellow rust; 70 samples have been studied

for plant-microbial interactions with pathogens such as *Septoria tritici* Rob. et Desm., *Puccinia recondita* Rob. ex Desm., *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem., *Blumeria graminis* DC in order to search for genotypes with high nonspecific resistance and slow growth (slow rusting) of infection in biocoenosis. Starting from the first symptoms of disease and every 10-14 days, records of diseases were carried out, and each disease was evaluated 3-5 times during the growing season. As a result, 17 complex-resistant samples were identified, of which 8 domestic varieties (Moskovskaya 35, Omskaya 41, Tobolskaya, Sibirskaya 21, Kinelskaya Yubileynaya, Uralskaya Kukushka, Sigma, and Voronezhskaya 20) are particularly valuable and characterized by a long latent period of diseases, which reduces the number of generations of pathogens and slows the growth of fungal infection in field biocoenosis. The identified sources are of interest for breeding, since they can become the basis for the creation of new resistant varieties. In terms of yield, they were inferior to the Margarita standard, but in relation to the Bazhenka standard, the varieties Zauralochka, Iset 45, Chaika, Pamyati Leontieva, Amir, Zlata, Voronezhskaya 18 (Russia) and Bonpain (France) were significantly (at  $P \geq 0.95$ ) superior by 39.5-58.5%.

**Keywords:** cultivars, fungal diseases, plant-microbial interactions, AUDPC index, resistance, yield capacity, sources

**For citation:** Sheshégova T.K., Volkova L.V., Shchekleina L.M. Sources of complex resistance of spring soft wheat from the collection of the N.I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry (VIR). *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(2):49-58. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_49-58](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_49-58).

## Введение

Пшеница мягкая яровая (лат. *Triticum aestivum* L.) входит в перечень важнейших продовольственных культур в отечественном и мировом земледелии, зерно которой используется на продовольственные, технические и кормовые цели. Ареал ее выращивания очень широк, при этом наибольшие площади посева находятся в России.

Как и другие культурные злаки, пшеница может поражаться различными видами болезней, что снижает урожай и ухудшает его качество. Болезни вызываются грибами, бактериями, вирусами, нематодами. В России широко распространены грибные головневые болезни (головня твердая, пыльная, карликовая, стеблевая, индийская), поражающие колосья. Серьезную опасность представляют ржавчинные болезни пшеницы (желтая; стеблевая, или линейная; бурая, или листовая), мучнистая роса, септориоз листьев и колосьев, фузариоз колоса.

Одной из основных причин низкой урожайности яровой пшеницы является ухудшение фитосанитарного состояния посевов, обусловленного отсутствием в производстве устойчивых к болезням сортов и нарушением технологий выращивания культуры.

Среди множества болезней яровой мягкой пшеницы наибольшее распространение и экономически значимую вредоносность на Евро-Северо-Востоке Российской Федерации имеют пятнистости листьев, обусловленные паразитизмом как гемибиотрофных (*Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem, *Septoria tritici* Rob. ex Desm. и *Septoria nodorum* Berk.), так и биотрофных (*Puccinia recondita* Rob. ex Desm., *Blumeria graminis* DC. – syn. *Erysiphe graminis* DC.) фитопатогенных грибов [1, 2, 4, 12].

В интегрированной защите посевов от патогенов гарантом благополучной фитосанитарной ситуации является возделывание устойчивых сортов [3, 5]. В мировой практике обычно создают сорта, защищенные от какого-либо заболевания, как правило, одним широко распространенным геном устойчивости [12, 13, 15, 18]. При этом выбор типа устойчивости на определенной географической территории определяется многими условиями эпидемиологического, агроэкологического и экономического порядка. Чаще всего в производстве эксплуатируется обуславливающая определенный гомеостаз растений неспецифическая устойчивость. Как правило, она сохраняется в течение длительного времени, поскольку полигенна и детерминирована малыми генами с аддитивным эффектом, а популяция патогена имеет меньше шансов накопить мутации вирулентности [10].

Неспецифическая устойчивость проявляется в уменьшении количества пустул на поверхности листа, числа спор в пустуле и увеличении длительности латентного периода [16]. В конечном итоге она выражается в снижении скорости развития эпифитотии [10]. Резистентность по типу замедленного развития (slow rusting) болезней особенно актуальна в условиях постоянного и сильного распространения патогена(ов) и медленной сортосмены.

Практическим инструментом поиска эффективных генов устойчивости яровой мягкой пшеницы к грибным болезням являются образцы из мировой коллекции ВИР, характеризующиеся также широким полиморфизмом по другим признакам и свойствам. Одним из наиболее приемлемых методов определения неспецифической устойчивости к листовым пятнистостям является анализ скорости нарастания инфекции, которая выражается площадью под кривой развития болезни (ПКРБ) [14]. Учет болезни в нескольких точках онтогенеза позволяет проследить за ее развитием и составить более полное представление о вредоносности и возможных ранних эпифитотиях, а также выявить сорта, восприимчивые в начале онтогенеза.

Учитывая вышеизложенное, целью исследований был поиск сортов с комплексной неспецифической устойчивостью и медленным нарастанием (slow rusting) грибной инфекции в полевых биоценозах в течение вегетации.

#### Методика эксперимента

Исследования проводили в ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого» (Киров) в 2018–2020 гг.

В полевых условиях проведена иммунологическая и селекционная оценка 140 образцов яровой мягкой пшеницы из коллекции ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР).

Основная часть образцов (83 ед.) была представлена сортами из Российской Федерации (РФ), 16 – новыми образцами из Китая, 13 – из Европейского союза, 10 – из США, оставшиеся 18 – из Казахстана, Беларуси, Австралии, Украины и Непала.

Изучение генофонда проходило в коллекционном питомнике на делянках площадью 1 м<sup>2</sup> в двухкратной повторности.

У первой половины коллекционных образцов мониторинг грибных болезней (темно-бурая пятнистость, септориоз колоса и листьев, мучнистая роса, фузариоз колоса, бурая и желтая ржавчина) проводили однократно в период наибольшего их развития, у второй – были проанализированы растительно-микробные взаимодействия с такими наиболее распространенными патогенами, как *S. tritici*, *S. nodorum*, *P. recondita*, *B. sorokiniana* и *B. graminis*.

Начиная с первых симптомов поражения и через каждые 10–14 дней проводили учеты болезней в динамике онтогенеза растений и нарастания грибной инфекции. Каждую болезнь оценивали по 3–5 раз за период вегетации растений.

При учете степени поражения бурой ржавчиной и типа реакции на патоген использовали методику и шкалы Т.Д. Страхова и Л.Ф. Русакова [8], при оценке поражения желтой ржавчиной – методику Гайснера и Штрайба [6].

Интенсивность поражения мучнистой росой проводили по общепринятой методике ГСИ [7].

При учете септориоза применяли универсальную шкалу Саари – Прескотта [17], которая позволяет оценивать состояние болезни не только на листьях, но и на колосе.

Взаимоотношения в патосистеме «*Triticum aestivum* – *Cochliobolus sativus* Drechs. ex Dastur (анаморфа *B. sorokiniana*)» оценивали по развитию темно-бурой пятнистости на листьях по методикам, описанным в источниках [1, 9].

При изучении характера растительно-микробных взаимодействий в патокомплексах использовали показатель ПКРБ: чем больше его значение, тем интенсивнее идет нарастание инфекции на конкретном сорте [14].

$$S = \frac{1}{2} (X_1 + X_2) \times (t_2 - t_1) + \dots (X_{n-1} + X_n) \times (t_n + t_{n-1}),$$

где  $X_1$  – интенсивность развития болезни (повреждения) в первый учет, %;

$X_2$  – интенсивность развития болезни (повреждения) во второй учет, %;

$X_n$  – интенсивность развития болезни (повреждения) в последний учет, %;

$t_2 - t_1$  – количество дней между первым и вторым учетом;

$t_n + t_{n-1}$  – количество дней между последним и предпоследним учетом.

Погодные условия были преимущественно избыточно увлажненными в межфазный период «выход в трубку – восковая спелость», о чем свидетельствует уровень гидротермического коэффициента (ГТК): 1,89 (2018 г.), 1,44 (2019 г.) и 1,67 (2020 г.). Это стимулировало ускоренное развитие фитопатогенов грибной этиологии и способствовало сильному поражению растений.

Статистическую обработку данных проводили с использованием «Пакета программ селекционно-ориентированных и биометрик генетических методов AGROS версия – 2.07».

### **Результаты и их обсуждение**

#### *Взаимодействия в патосистеме «Triticum – Septoria spp.»*

Первые симптомы септориоза на листьях пшеницы проявились в слабой степени (0,2–3,3%) в фазе 32 по шкале Цадокса у 16 образцов.

При втором учете происходило нарастание поражения до 16,5% у индикаторного сорта Дуэт; у большинства других фенотипическое проявление болезни было на уровне 2,0–11,0%, а у 26 образцов симптомы поражения отсутствовали.

При третьем учете (фазы 65–69) развитие септориоза достигало 22,0% (индикаторный сорт Бурятская 551). Высокую устойчивость (степень поражения не более 5%) в эти фазы проявили 34 образца, в том числе сорт Ингала из Тюменской области, который не имел симптомов болезни. Интенсивное нарастание септориозной инфекции на листьях и колосе происходило при последующих учетах, приуроченных к фазам 71 и 85.

Наибольшее развитие болезни при четвертом учете составило 32% (Бурятская 551). В этих условиях 8 образцов (Long Chun 8 и Yan Zhan 1 – Китай; Mellissos – Германия; Ульяновская 105, Экада 109, Воронежская 20, Красноярская 12 и Уральская кукушка – РФ) сохранили высокую устойчивость. Симптомы болезни на уровне 1,0–3,0% начали проявляться и на колосковых чешуйках у 16 образцов.

При последнем учете высокоустойчивых образцов уже не обнаружено; устойчивость на уровне 7,0–15,0% выявлена у 11 образцов (Long Chun 8, Yun Mai 27 и Yun Mai 35 – Китай; Xenos – Германия; Маргарита, Московская 35, Тюменская 29, Тобольская, Воронежская 20, Уральская кукушка и Сибирская 21 – РФ); 8 образцов резко перешли в группу умеренно-устойчивых и восприимчивых. У остальных образцов между фазами 71 и 85 происходило незначительное варьирование степени поражения, которое не выходило за пределы соответствующей градации шкалы. Степень поражения колоса у изучаемых образцов изменялась от 2,0% (Волошинка, Зауралочка, Yan Zhan 1) до 21,0% (Dian 662-525-2), а у трех образцов (Вопраин – Франция, Сигма и Курагинская – РФ) симптомы болезни на колосе не обнаружены.

Уровень ПКРБ варьировал в значительных пределах – от 129 до 895 единиц. Судя по показателю ПКРБ, динамика нарастания септориозной инфекции устойчивых образцов была примерно в 2 раза меньше, чем у восприимчивых генотипов. По географическому происхождению они представлены отечественными и китайскими образцами, что косвенным образом может свидетельствовать о генотипическом сходстве достаточно отдаленных популяций *S. tritici* и *S. nodorum*.

Практический интерес представляют 15 образцов, характеризующихся длительным латентным периодом инфекции и медленным нарастанием септориоза в онтогенезе (табл. 1).

У 7 образцов (Московская 35, Тюменская 29, Омская 41, Тобольская, Красноярская 12, Сигма и Уральская кукушка) поражение колоса не превышало 5%, что важно для снижения инфицирования формирующегося зерна.



Таблица 1. Устойчивые коллекционные образцы яровой мягкой пшеницы с длительным латентным периодом микозов и медленным нарастанием болезней (slow rusting) в онтогенезе растений

Септориоз	Темно-бурая пятнистость	Мучнистая роса	Бурая ржавчина	
		<b>Московская 35</b>		
		Вонрайн		
	<b>Московская 35</b>	Альмата		
	Tian Xuan 16	Уралосибирская		
	<b>Тобольская</b>	Тюменская 29		
	Уралосибирская	Long Chun 8		<b>Московская 35</b>
	Тюменская 29	Xenos		Тулайковская 10
	Yun Mai 27	Melissos		Экада 70
Yun Mai 35	Naxos	Уралосибирская		
<b>Московская 35</b>	<b>Омская 41</b>	Екатерина	Yun Mai 35	
Тюменская 29	Korinta	Yan Zhan 1	<b>Омская 41</b>	
Yun Mai 27	Melissos	Черноземоуральская 2	Екатерина	
Yun Mai 35	Naxos	Хуторянка	<b>Тобольская</b>	
<b>Омская 41</b>	Памяти Леонтьева	<b>Тобольская</b>	Ульяновская 105	
Xenos	Екатерина	<b>Кинельская Юбилейная</b>	<b>Воронежская 20</b>	
<b>Тобольская</b>	Yan Zhan 1	<b>Омская 41</b>	Дуэт	
Ульяновская 101	<b>Уральская кукушка</b>	Combination X	Черноземоуральская 2	
<b>Воронежская 20</b>	Long Chun 8	Ульяновская 105	Добрыня	
Красноярская 12	Combination X	Ульяновская 101	<b>Сигма</b>	
<b>Сигма</b>	Eminent	<b>Уральская кукушка</b>	<b>Кинельская Юбилейная</b>	
<b>Уральская кукушка</b>	Ульяновская 101	Дуэт	Хуторянка	
Long Chun 8	<b>Кинельская Юбилейная</b>	Добрыня	Зауралочка	
<b>Сибирская 21</b>	<b>Воронежская 20</b>	Красноярская 12	Курагинская 2	
<b>Кинельская Юбилейная</b>	Ульяновская 105	<b>Сигма</b>	Алтайская жница	
	<b>Сигма</b>	Курагинская 2	<b>Уральская кукушка</b>	
	Зауралочка	Воронежская 18	<b>Сибирская 21</b>	
	Красноярская 12	Рима	KWS Torridon	
	<b>Сибирская 21</b>	<b>Воронежская 20</b>	Кинельская 2010	
	Исеть 45	<b>Сибирская 21</b>	Канюк	
	Канюк	KBC Torridon		
	Волошинка	Ингала		
		Канюк		
		Волошинка		

*Взаимодействия в патосистеме «Triticum – V. sorokiniana»*

Грибы рода *Helminthosporium*, кроме участия в патогенезе корневых инфекций, вызывают темно-бурую пятнистость листьев, чернь колоса и черный зародыш.

Первые симптомы темно-бурой пятнистости (не более 0,5%) зафиксированы в фазе 29–30 у 11 образцов.

При последующих учетах нарастание болезни было незначительным: 2-й учет – до 5,5%, 3-й учет – до 13,2%.

Последний учет (фаза 71) выявил преобладание устойчивых к темно-бурой пятнистости образцов при степени поражения не более 15%, а сорт Воронежская 20 поражен на уровне 5,0%.

Показатель ПКРБ изменялся от 95 (Tian Xuan 16 – Китай, Naxos – Германия) до 273 (Тулайковская 10 – РФ).

Относительно невысокое развитие болезни, вероятно, связано с биоэкологическими особенностями гриба *V. sorokiniana*, так как его фитопатогенное значение возрастает в засушливые годы. Кроме того, возможен антагонизм с другими аэрогенными патогенами.

*Взаимодействия в патосистеме «Triticum – V. graminis»*

В фазы 59–61 у 25 образцов яровой мягкой пшеницы зафиксировано начало появления налета мучнистой росы на листьях. Степень поражения варьировала от 1,0% (Ульяновская 105, Воронежская 20 – РФ, Eminent – Германия) до 13,2% (Dai Chun 2 – Китай).

При втором учете у трех китайских образцов (Dai Chun 2, Dian 662-525-2 и Shen 68-71) степень поражения увеличилась в 2–3 раза, и они перешли в другую градацию восприимчивости. Остальные образцы в большинстве своем сохранили свой иммунологический статус.

При последнем учете (фаза 75) степень поражения индикаторного сорта Dian 662-525-2 составила 44,0%. На этом фоне высокая устойчивость сохранилась у 34 образцов при степени поражения от 1,0 до 10,0%. Кроме того, 18 образцов не имели симптомов болезни. Среди них сорта, устойчивость которых детерминирована *Pm*-генами: Терция (*Pm4b*), Сигма и Ингала (*Pm8*), Екатерина, Экада 70 и Маргарита (*Pm38*), Дарья и Виза (*Pm1*) [11].

Однако было отмечено, что отдельные сорта (Бурятская 551, Уралосибирская, Светлана), несущие гены *Pm38* и *Pm8*, поражаются в средней степени. Это может свидетельствовать о наличии генов-супрессоров, ослабляющих экспрессию *Pm*-генов в новой генетической среде.

Неэффективными к местной популяции *V. graminis* оказался ген *Pm5a*, контролирующей устойчивость к мучнистой росе у сорта Зауралочка, степень поражения которого составила в среднем 26,0%.

Сорта Тюменская 29, Тобольская, Сигма, Сибирская 21 и Long Chun 8 проявили также неспецифическую устойчивость и к септориозу, и к темно-бурой пятнистости.

*Взаимодействия в патосистеме «Triticum – P. recondita»*

Первые единичные пустулы бурой ржавчины проявились в фазы 65–69 лишь на пяти образцах яровой мягкой пшеницы.

При последующем мониторинге развитие болезни было на уровне 3,0–18,0%, а у 33 образцов пустулы отсутствовали.

В фазе 75 степень поражения индикаторного австралийского образца W 3534 была на уровне 38,8% при восприимчивом (*S*) типе реакции на патоген. На этом фоне выявлено 10 высокоустойчивых образцов с уровнем поражения не более 5,0% и устойчивым (*R*) типом реакции и 17 образцов без симптомов болезни. Эффективными к местной популяции *P. Recondita* оказались гены *Lr9* (Зауралочка и Терция), *Lr19* (Хуторянка и Добрыня), *Lr24* (КВС Аквилон), *Lr26* (Уралосибирская 2 и Сигма), *Lr34* (Екатерина), *Lr48 + Lr34 + Lr10* (Экада 70), *Lr9 + Lr44* (Дуэт), *Lr6Agi2* (Тулайковская 10), неэффективными – ген *Lr20* (Дарья и Виза), а также сочетание генов *Lr9 + Lr10* (Челяба 2), *Lr34 + Lr10* (Светлана). Их присутствие в сортах не снижало темпов нарастания ржавчинной инфекции в биоценозах, а развитие бурой ржавчины составило в среднем 29,8–30,8% при *S*-типе реакции. Относительно высокая степень поражения (16,5–22,0%) сортов Маргарита (*Lr48 + Lr34 + Lr10*), Ингала (*Lr26*) и Бурятская 551 (*Lr34*) может быть вызвана влиянием генов-супрессоров.

В целом среди 140 коллекционных образцов яровой мягкой пшеницы выявлено 17 образцов, устойчивых к шести местным популяциям возбудителей грибных болезней (табл. 2).

Следует отметить, что в 2019 г. впервые были диагностированы характерные симптомы эндемичного и опасного заболевания – желтой ржавчины (*Puccinia striiformis*) в виде продольных лимонно-желтых, расположенных рядами вдоль жилок листа пустул с уредоспорами.

## АГРОНОМИЯ

**Таблица 2. Иммунологическое состояние устойчивых образцов яровой мягкой пшеницы из коллекции ВИР**

Сорт, происхождение	Степень поражения, %						
	темно-бурой пятнистостью	септориозом		мучнистой росой	бурой ржавчиной / тип реакции	желтой ржавчиной	фузариозом колоса
		на листьях	на колосе				
Маргарита – стандарт, Ульяновская область	7,6	20,0	4,7	5,0	23,1 / S	0	3,5
Баженка – стандарт, Кировская область	13,1	21,1	3,9	9,0	23,2 / S	0	2,5
Московская 35, Московская область	10,0	12,0	2,0	0	4,0 / R	0	2,5
Тюменская 29, Тюменская область	7,5	12,0	5,0	0	10,5 / R	0	4,0
Омская 41, Омская область	7,7	16,5	5,5	4,0	0	0	3,0
Сигма, Омская область	7,0	13,0	0	0	3,0 / R	0	0
Терция, Омская область	0	4,4	0	0	0	0	0
Нива 2, Омская область	10,0	4,5	0	0	0	0	0
Тобольская, Алтайский край	10,0	7,5	3,0	0	0	0	2,0
Воронежская 20, Воронежская область	5,0	15,4	6,0	4,5	0	0	0
Уральская кукушка, Челябинская область	9,0	14,3	3,0	5,0	3,0 / R	0	0
Сибирская 21, Новосибирская область	6,5	14,3	7,5	0	0	0	0
Новосибирская 18, Новосибирская область	5,0	15,4	3,5	5,5	2,0 / R	0	0
Скала, Иркутская область	5,0	9,0	0	0	0	0	0
Фора, Курганская область	0	11,0	5,0	0	0	0	0
Дарья, Беларусь	9,0	0	0	0	30,8 / S	0	0
Харьковская 28, Украина	0	11,0	2,0	0	0	0	0
SSL 19-24, США	0	10,0	3,0	8,6	0	0	0
Ерос, Германия	5,5	5,0	0	0	0	0	0
<i>Индикаторные сорта:</i>							
Dian 662-525-2, Китай	16,5	–	21,0	44,0	–	–	–
Ranger, США	–	35,2	–	–	–	–	–
W 3534, Австралия	–	–	–	–	38,8 / S	–	11,0
Юго-Восточная 3, Саратовская область	–	–	–	–	–	42,5	–

Что касается урожайности, то коллекционные образцы в агроэкологических условиях Кировской области существенно (при  $P \geq 095$ ) уступали среднеспелому стандарту Маргарита.

По отношению к раннеспелому стандарту Баженка выделились такие сорта, как Зауралочка, Исеть 45, Чайка, Памяти Леонтьева, Амир, Злата, Воронежская 18 (Россия)

и Voprain (Франция), достоверно превысившие его на 39,5–58,5%. Урожайностью выше стандарта (на 34,2–36,1%) отличались также отечественные сорта Московская 35, Экада 70, Сибирская 21 и Черноземоуральская 2.

Самая низкая урожайность в региональных условиях отмечена у образцов китайской селекции, которая по отношению к сорту Баженка составила 33,7–96,4%, Маргарите – 27,5–78,8%.

В ходе корреляционного анализа выявлено, что наиболее сильное негативное влияние на урожайность коллекционных образцов яровой мягкой пшеницы оказывала ржавчинная инфекция ( $r = -0,38$ ), хотя это может быть связано и с накоплением к концу вегетации в полевых биоценозах сочетанной грибной инфекции.

### Выводы

Безусловной эффективностью к кировской популяции *P. Recondita* характеризуются гены *Lr9*, *Lr19*, *Lr24*, *Lr9 + Lr44* и *Lr6Agi2*, к *B. Graminis* – *Pm1* и *Pm4b*.

Выявленные устойчивые образцы яровой мягкой пшеницы из коллекции ВИР представляют практический интерес для селекции.

Особую ценность представляют 8 отечественных сортов (Московская 35, Омская 41, Тобольская, Сибирская 21, Уральская кукушка, Сигма, Воронежская 20 и Кинельская юбилейная), для которых характерен длительный латентный период септориоза, темно-бурой пятнистости, мучнистой росы и бурой ржавчины, что уменьшает количество генераций возбудителей за период вегетации и замедляет нарастание (slow rusting) грибной инфекции в полевых биоценозах. Обладая высокой неспецифической устойчивостью, такие генотипы обеспечивают определенное генетическое равновесие между растением-хозяином и патогеном, поскольку не происходит сильного давления генотипа на популяцию патогена.

### Список источников

1. Афанасенко О.С. Устойчивость ячменя к гемибиотрофным патогенам // Идентифицированный генофонд растений и селекция: сборник статей. Санкт-Петербург: Изд-во СПбГУ, 2005. С. 592–615.
2. Волкова Л.В., Шешегова Т.К. Урожайность и содержание фотосинтетических пигментов в листьях яровой пшеницы при поражении септориозом // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2019. № 3. С. 17–25. DOI: 10.31677/2072-6724-2019-52-3-17-25.
3. Гешеле Э.Э. Методическое руководство по фитопатологической оценке зерновых культур. Министерство сельского хозяйства СССР. Одесса: [б. и.], 1971. 180 с.
4. Гульятеева Е.И., Шайдаюк Е.Л., Шаманин В.П. и др. Генетическая структура российских и казахстанских популяций возбудителя бурой ржавчины *Puccinia triticina* Erikss. по вирулентности и SSR-маркерам // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53, № 1. С. 85–95. DOI: 10.15389/agrobiology. 2018.1.85rus.
5. Киселева М.И., Коломиец Т.М., Пахолкова Е.В. и др. Дифференциация сортов озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) по устойчивости к наиболее вредоносным возбудителям грибных болезней // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51, № 3. С. 299–309. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.3.299rus.
6. Коломиец Т.М., Панкратова Л.Ф., Скатенок О.О., Пахолкова Е.В. Создание генбанка источников устойчивости сортов пшеницы к септориозу // Защита и карантин растений. 2015. № 7. С. 44–46.

7. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. Москва: [б. и.], 1989. 197 с.
8. Мироненко Н.В., Михайлова Л.А. Генетика взаимоотношений в патосистеме *Cochliobolus sativus* – *Triticum aestivum* // Микология и фитопатология. 2013. № 47(2). С. 132–138.
9. Михайлова Л.А. Генетика устойчивости пшеницы к бурой ржавчине // Типы устойчивости растений к болезням: материалы научного семинара (Санкт-Петербург, 06 марта 2003 г.). Санкт-Петербург: Всероссийский НИИ защиты растений (ВИЗР), 2003. С. 45–60.
10. Санин С.С. Фитосанитарная экспертиза зернового поля и принятие решений по опрыскиванию пшеницы фунгицидами. Теория и практические рекомендации // Приложение к журналу «Защита и карантин растений». 2016. № 5. 41 с.
11. Сочалова Л.П., Пискарев В.В. Устойчивость образцов мягкой пшеницы к *Blumeria graminis* и *Puccinia recondita* с известными генами устойчивости // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33, № 11. С. 34–42. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11108.
12. Gebrewahid T.W., Yao Z.-J., Yan X.-C. et al. Identification of leaf rust resistance genes in Chinese common wheat cultivars // Plant Disease. 2017. Vol. 101(10). Pp. 1729–1737. DOI: 10.1094/PDIS-02-17-0247-RE.
13. Hanzalová A., Bartoš P., Sumíková T. Pathotypes of wheat leaf rust (*Puccinia triticina* Erikss.) and resistance of registered cultivars in the Czech Republic in 2012–2015 // Czech Journal of Genetics and Plant Breeding. 2017. Vol. 53(3). Pp. 122–126. DOI: 10.17221/121/2016-CJGPB.
14. Johnson D.F., Wilcoxon R.D. A table of area under disease progress curve // Technical Bulletin, Texas Agriculture Experiment Station. 1981. Vol. 137. Pp. 2–10.
15. Johnston, P.A., Munro C., Butler, R.C. et al. The future of Lr34 in modern, high-input wheat breeding programs // Crop Science. 2017. Vol. 57(2). Pp. 671–680. DOI: 10.2135/cropsci2016.03.0158.
16. Poyntz B., Hyde P.M. The expression of resistance of wheat to *Puccinia recondita* // Phytopathology. 2008. Vol. 120(2). Pp. 136–142. DOI: 10.1111/j.1439-0434.1987.tb04426.x.
17. Saari E.E., Prescott J.M. A scale for appraising the foliar intensity of wheat diseases // Plant Disease Reporter. 1975. Vol. 59(5). Pp. 377–380.
18. Sadovaya A.S., Gulyaeva E.I., Mitrofanova O.P. et al. Leaf rust resistance in common wheat varieties and lines from the collection of the Vavilov Plant Industry Institute carrying alien genetic material // Russian Journal of Genetics: Applied Research. 2015. Vol. 5(3). Pp. 233–241. DOI: 10.1134/S2079059715030144.

#### References

1. Afanasenko O.S. Ustoichivost' yachmenya k gemibiotrofnym patogenam [Resistance of barley to hemibiotrophic pathogens]. Identifitsirovannyj genofond rastenij i selektsiya: sbornik statej [Identified plant gene pool and breeding: collection of articles]. Saint Petersburg: Saint Petersburg State University Press; 2005:592-615. (In Russ.).
2. Volkova L.V., Sheshegova T.K. Urozhajnost' i sodержanie fotosinteticheskikh pigmentov v list'yakh yarovoj pshenitsy pri porazhenii septoriozom [Crop yield and concentration of photosynthetic pigments in the leaves of spring wheat when suffering from Septoria blight]. Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet) = Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University). 2019;3:17-25. DOI: 10.31677/2072-6724-2019-52-3-17-25. (In Russ.).
3. Geshele E.E. Metodicheskoe rukovodstvo po fitopatologicheskoj otsenke zernovykh kul'tur. Ministerstvo sel'skogo khozyajstva SSSR [Methodological guide on phytopathological assessment of grain crops. Ministry of Agriculture of the USSR]. Odessa: [Sine Loci I.]; 1971. 180 p. (In Russ.).
4. Gulyaeva E.I., Shaydayuk E.L., Shamanin V.P. et al. Geneticheskaya struktura rossijskikh i kazakhstanskikh populyatsij vozbuditelya buroj rzhavchiny *Puccinia triticina* Erikss. po virulentnosti i SSR-markeram [Genetic structure of Russian and Kazakhstani leaf rust causative agent *Puccinia triticina* Erikss. Populations as assessed by virulence profiles and SSR-markers]. Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology. 2018;53(1):85-95. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.1.85rus. (In Russ.).
5. Kiseleva M.I., Kolomiets T.M., Pakholkova E.V. et al. Differentsiatsiya sortov ozimoy myagkoj pshe-nitsy (*Triticum aestivum* L.) po ustojchivosti k naibolee vredonosnym vozbuditelyam gribnykh boleznej [The differentiation of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars for resistance to the most harmful fungal pathogens]. Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology. 2016;51(3):299-309. DOI: 10.15389/agrobiology. 2016.3.299rus. (In Russ.).
6. Kolomiets T.M., Pankratova L.F., Skatenok O.O., Pakholkova E.V. Sozdanie genbanka istochnikov ustojchivosti sortov pshenitsy k septoriozu [Creation of genebank of wheat resistance sources to Septoria disease]. Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine. 2015;7:44-46. (In Russ.).
7. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyajstvennykh kul'tur. Vyp. 2. Zernovye, krupyanye, zernobobovye, kukuruza i kormovye kul'tury [Methodology of state variety testing of agricultural crops. Issue 2. Cereals, groats, legumes, corn and forage crops]. Moscow: [S. L. I.]; 1989. 197 p. (In Russ.).
8. Мироненко Н.В., Михайлова Л.А. Генетика взаимоотношений в патосистеме *Cochliobolus sativus* – *Triticum aestivum* [Genetics of host-pathogen interactions in the *Cochliobolus sativus* – *Triticum aestivum* pathosystem]. Mikologiya i fitopatologiya = Mycology and Phytopathology. 2013;47(2):132-138. (In Russ.).

9. Mikhailova L.A. Genetika ustojchivosti pshenitsy k buroj rzhavchine [Genetics of wheat resistance to leaf rust]. Tipy ustojchivosti rastenij k boleznyam: materialy nauchnogo seminaru (Sankt-Peterburg, 06 marta 2003 g.) [Types of plant resistance to diseases: Proceedings of Academic Seminar (Saint Petersburg, March 6, 2003)]. Saint Petersburg: All-Russian Research Institute of Plant Protection (VIZR) Press; 2003:45-60. (In Russ.).
10. Sanin S.S. Fitosanitarnaya ekspertiza zernovogo polya i prinyatie reshenij po opryskivaniyu pshe-nitsy fungitsidami. Teoriya i prakticheskie rekomendatsii [Phytosanitary examination of the grain field and making decisions on spraying wheat with fungicides. Theory and practical recommendations]. *Prilozhenie k zhurnalu "Zashchita i karantin rastenij" = Supplement to the Journal "Plant Protection and Quarantine"*. 2016;5. 41 p. (In Russ.).
11. Sochalova L.P., Piskarev V.V. Ustojchivost' obraztsov myagkoj pshenitsy k *Blumeria graminis* i *Puccinia recondita* s izvestnymi genami ustojchivosti [Resistance of common wheat accessions to *Blumeria graminis* and *Puccinia recondita* with known resistance genes]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievement of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*. 2019;(1):34-42. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11108. (In Russ.).
12. Gebrewahid T.W., Yao Z.-J., Yan X.-C. et al. Identification of leaf rust resistance genes in Chinese common wheat cultivars. *Plant Disease*. 2017;101(10):1729-1737. DOI: 10.1094/PDIS-02-17-0247-RE.
13. Hanzalová A., Bartoš P., Sumíková T. Pathotypes of wheat leaf rust (*Puccinia triticina* Eriks.) and resistance of registered cultivars in the Czech Republic in 2012-2015. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2017;53(3):122-126. DOI: 10.17221/121/2016-CJGPB.
14. Johnson D.F., Wilcoxon R.D. A table of area under disease progress curve. *Technical Bulletin, Texas Agriculture Experiment Station*. 1981;137:2-10.
15. Johnston P.A., Munro C., Butler R.C. et al. The future of Lr34 in modern, high-input wheat breeding programs. *Crop Science*. 2017;57(2):671-680. DOI: 10.2135/cropsci2016.03.0158.
16. Poyntz B., Hyde P.M. The expression of resistance of wheat to *Puccinia recondita*. *Phytopathology*. 2008;120(2):136-142. DOI: 10.1111/j.1439-0434.1987.tb04426.x.
17. Saari E.E., Prescott J.M. A scale for appraising the foliar intensity of wheat diseases. *Plant Disease Reporter*. 1975;59(5):377-380.
18. Sadovaya A.S., Gulyaeva E.I., Mitrofanova O.P. et al. Leaf rust resistance in common wheat varieties and lines from the collection of the Vavilov Plant Industry Institute carrying alien genetic material. *Russian Journal of Genetics: Applied Research*. 2015;5(3):233-241. DOI: 10.1134/S2079059715030144.

#### Информация об авторах

Т.К. Шешегова – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, зав. лабораторией иммунитета и защиты растений ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», sheshegova.tatyana@yandex.ru.

Л.В. Волкова – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, зав. лабораторией селекции яровой мягкой пшеницы ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», volkovkirov@mail.ru.

Л.М. Щеклеина – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», immunitet@fanc-sv.ru.

#### Information about the authors

T.K. Sheshegova, Doctor of Biological Sciences, Leading Research Scientist, Head of Plant Immunity and Protection Laboratory, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, sheshegova.tatyana@yandex.ru.

L.V. Volkova, Candidate of Biological Sciences, Senior Research Scientist, Head of Spring Soft Wheat Breeding Laboratory, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, volkovkirov@mail.ru.

L.M. Shchekleina, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research Scientist, Plant Immunity and Protection Laboratory, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, immunitet@fanc-sv.ru.

Статья поступила в редакцию 02.02.2023; одобрена после рецензирования 03.04.2023; принята к публикации 20.04.2023.

The article was submitted 02.02.2023; approved after reviewing 03.04.2023; accepted for publication 20.04.2023.

© Шешегова Т.К., Волкова Л.В., Щеклеина Л.М., 2023

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

Научная статья

УДК 634.11: 631.526.32

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2023\_2\_59

EDN: GVGYS

**Сравнительный биохимический состав и товарные качества  
плодов яблонь разных сортов, выращиваемых  
в интенсивных садах в условиях ЦЧР****Валентина Андреевна Гулидова<sup>1✉</sup>, Вячеслав Леонидович Захаров<sup>2</sup>**<sup>1, 2</sup>Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Елец, Россия<sup>1</sup>guli49@yandex.ru✉

**Аннотация.** Современное промышленное садоводство в России ведется двумя способами: экстенсивным и интенсивным, при этом интенсификация базируется на применении садов на низкорослых клоновых подвоях, для которых характерно раннее плодоношение, быстрое нарастание урожайности, снижение затрат на работы по уходу в сравнении с садами на сильнорослых подвоях. Интенсивность развития в садоводстве определяется многими факторами, при этом не последнее место занимает сорт. Представлены результаты анализа потребительских качеств плодов яблонь разных сортов, выращиваемых на слаборослых подвоях в интенсивных садах Центральной России (Липецкая область). Исследования проводили в садоводческом хозяйстве ЗАО «Агрофирма имени 15 лет Октября», расположенном в Лебедянском районе Липецкой области. В качестве объектов изучения были выбраны плоды яблонь сортов Беркутовское, Лигол, Медовый хруст, Спартан. Эксперименты проводили согласно программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Установлено, что все сорта урожайные, плоды имеют высокую товарность и качество. Наиболее продуктивным оказался сорт Лигол как в интенсивном, так и в экстенсивном саду: его урожайность составила соответственно 75 и 15 т/га, превысив на 48, 39 и 24 т/га сорта Медовый хруст, Беркутовское и Спартан. Аналогичная тенденция по продуктивности в разрезе по сортам сохранилась и в экстенсивном саду. Лидером по количеству Р-активных веществ (флавонолов, антоцианов и катехинов) оказался сорт Спартан. В плодах сорта Лигол содержалось минимальное количество Р-активных веществ. Два других сорта занимали промежуточное положение между этими сортами. Наибольшее содержание аскорбиновой кислоты отмечалось в яблоках сорта Беркутовское (15 мг/100 г), наименьшее – сорта Спартан (8,8 мг/100 г). Сахарокислотный коэффициент по сортам варьировал от 12,8 (Лигол) до 14,3 (Медовый хруст и Спартан). Ближе всех к оптимальным значениям были сорта Медовый хруст и Спартан.

**Ключевые слова:** яблоня, сорт, урожайность, товарность, аскорбиновая кислота, катехины, флавоноиды, пектиновые вещества, антоцианы, растворимые сухие вещества

**Для цитирования:** Гулидова В.А., Захаров В.Л. Сравнительный биохимический состав и товарные качества плодов яблонь разных сортов, выращиваемых в интенсивных садах в условиях ЦЧР // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 2(77). С. 59–70. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_59](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_59)–70.

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

Original article

**Comparative biochemical composition and commercial qualities  
of fruits of different varieties of apple trees cultivated in intensive  
orchards in the conditions of the Central Chernozem Region****Valentina A. Gulidova<sup>1✉</sup>, Vyacheslav L. Zakharov<sup>2</sup>**<sup>1, 2</sup>BuninYelets State University, Yelets, Russia<sup>1</sup>guli49@yandex.ru✉

**Abstract.** Modern industrial gardening in Russia is carried out in two ways: extensively and intensively. Intensification is based on the use of orchards with low-growing clonal rootstocks, which are characterized by early fruiting, rapid increase in yield, and reduction of maintenance costs compared to gardens with high-growing rootstocks. The intensity of development in horticulture is determined by many factors, among which variety is also important. The authors

present the results of analysis of consumer qualities of apple fruits of different varieties grown on low-growing rootstocks in intensive orchards of Central Russia. The research was carried out in the horticultural farm "Agrofirma named after 15 years of October", located in Lebedyansky District of Lipetsk Oblast. The fruits of apple trees of the Berkutovskoye, Ligol, Medovyi Khrust (Honey Crisp), and Spartan varieties were selected as objects of research. The experiments were carried out according to the program and methodology of variety study of fruit, berry and nut crops. It was established that all the varieties were productive, and fruits have high marketability and quality. The Ligol variety turned out to be the most productive in both intensive and extensive orchards: its yield was 75 and 15 t/ha, respectively, exceeding the Medovyi Khrust, Berkutovskoye and Spartan varieties by 48, 39, and 24 t/ha. A similar trend in productivity in the context of varieties was preserved in the extensive orchard. The Spartan variety turned out to be the leader in the content of P-active substances (flavonols, anthocyanins and catechins). The fruits of the Ligol variety contained the minimum amount of P-active substances. Two other varieties occupied an intermediate position between the others. The highest content of ascorbic acid was found in apples of the Berkutovskoye variety (15 mg/100g), while in the apples of the Spartan variety it was the lowest (8.8 mg/100 g). The sugar-acid ratio varied from 12.8 in the Ligol up to 14.3 in the Medovyi Khrust and Spartan. The values in the Medovyi Khrust and Spartan varieties were closest to the optimal.

**Keywords:** apple tree, variety, yield, marketability, ascorbic acid, catechins, flavonoids, pectin substances, anthocyanins, soluble dry substances

**For citation:** Gulidova V.A., Zakharov V.L. Comparative biochemical composition and commercial qualities of fruits of different varieties of apple trees cultivated in intensive orchards in the conditions of the Central Chernozem Region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(2):59-70. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_59-70](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_59-70).

Современное промышленное садоводство в России ведется двумя способами: экстенсивным – с использованием сильнорослых подвоев и интенсивным – на низкорослых подвоях. Урожайность в российских садах, где яблони выращиваются на сильнорослых подвоях, составляет 3,5–4,0 т/га. Достигнутый уровень производства фруктов не позволяет полностью удовлетворить потребности населения в этой продукции. При такой урожайности отрасль садоводства не может произвести достаточные объемы плодов, необходимых для круглогодичного обеспечения жителей в соответствии с рекомендованными медицинскими нормами потребления фруктов (100 кг продукции на 1 человека в год).

В настоящее время в России среднелюдиное потребление плодов и ягод не превышает 60 кг, то есть составляет не более 60% от утвержденных рациональных (медицинских) норм потребления. Наша страна по потреблению фруктов значительно отстает от стран с развитой экономикой: в США среднелюдиное потребление составляет 99 кг, в Великобритании – 128 кг, в Италии – 149 кг, в Австрии – 152 кг, в Нидерландах – 167 кг [3].

По прогнозам экспертов и специалистов-практиков, с целью повышения уровня обеспеченности населения страны фруктами в условиях импортозамещения площадь садов и ягодников необходимо увеличить на 73%, площадь насаждений в плодоносящем возрасте – на 92,9%, что позволит довести валовой сбор плодово-ягодной продукции до необходимых 10 320 тыс. т [10]. При этом следует переходить к садоводству интенсивного типа.

Интенсификация садоводства в России и за рубежом базируется на широком применении садов на слаборослых клоновых подвоях, для которых характерно раннее плодоношение, быстрое нарастание урожайности, снижение в 2 раза затрат на работы по уходу в сравнении с садами на сильнорослых подвоях [3, 7], а также лучшее качество плодов [2, 6, 15, 18]. Важным фактором интенсификации садоводства является закладка садов интенсивного типа, в которых урожайность плодов выше в 2,0–3,5 раза.

В России для замещения импорта плодово-ягодной продукции и повышения качества урожая нужно значительно увеличить закладку интенсивных садов. В стране площадь под этими садами невелика и составляет не более 6% от общей площади садов, а в средней зоне садоводства и того меньше – около 1% [1]. Но начиная с 2016 г. имеет место значительное увеличение площадей под садами интенсивного типа. Этому способствовали меры господдержки, реализуемые в том числе в соответствии с Государственной программой развития сельского хозяйства на 2013–2020 годы [5, 11].



Интенсивность развития в садоводстве определяется многими факторами, при этом не последнее место занимает создание новых сортов, так как именно сорт является основой промышленного выращивания. Универсальных сортов, пригодных для различных зон садоводства, нет, как нет и идеальных сортов. По мнению экспертов, создать идеальный сорт невозможно [4] в связи с тем, что требования к ним изменяются настолько стремительно, что для этого нет необходимого времени [17]. Более того, требования к новым сортам постоянно возрастают, поэтому актуальным является обоснование выбора адаптированных сортов для выращивания в интенсивных садах конкретной зоны на основе анализа хозяйственно-биологических характеристик и яблонь, и плодов.

Представлены результаты изучения биохимического состава плодов разных сортов яблонь, выращиваемых на слаборослых подвоях в интенсивных садах Центральной России, а также особенности его изменчивости по основным показателям (аскорбиновая кислота, Р-активные и пектиновые вещества, растворимые сухие вещества).

Исследования проводили в садоводческом хозяйстве ЗАО «Агрофирма имени 15 лет Октября», территориально расположенном в Центральной России (Лебедянский район Липецкой области). В 2005 г. в хозяйстве приступили к закладке интенсивных яблоневых садов. В настоящее время в хозяйстве имеется более 2 000 га плодового сада. Из них 1 500 га составляют сады интенсивного типа, большую площадь которых занимают яблони, выращиваемые на шпалерах с режимом капельного орошения. В сезон собирают до 15 000 т яблок, которые закладывают на хранение в специализированные хранилища, откуда они поступают на реализацию в торговые сети. Плоды, не прошедшие сортировку и калибровку, отправляют на переработку, где из них производят натуральный сок, пюре, повидло, джем, концентрат и др.

В качестве объектов изучения были выбраны плоды яблонь таких сортов, как Беркутовское, Лигол, Медовый хруст (Хоней Крисп), Спартан. Эти сорта недостаточно хорошо изучены по биохимическому составу и потребительским качествам в средней полосе России. Эксперименты проводили согласно программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур [12].

Хозяйственно-биологическая характеристика изучаемых сортов показывает, что все они имеют достаточную для условий средней полосы России устойчивость к низким температурам, отличаются хорошими вкусовыми качествами, имеют высокую продуктивность и рано (на 2–3-й год) вступают в плодоношение.

Плоды сорта Беркутовское выровненные, имеют округлую форму, зеленовато-желтый или желтый цвет, по всей поверхности плода имеются размытые темно-красные полосы. Мякоть плотная, белая, сочная со сладковато-кислым вкусом. Яблоки этого сорта характеризуются высокой лёжкостью (более 6 месяцев).

Плоды сорта Лигол имеют округло-коническую форму, окрас зелено-желтый. Красный румянец покрывает большую часть яблока. Мякоть хрустящая, бежевого цвета, характеризуется сочностью, ароматом, мелкозернистой структурой. Вкус сладкий, с приятной небольшой кислинкой. В условиях анализируемого хозяйства созревают в конце сентября – начале октября. Срок хранения – до 6 месяцев.

Плоды сорта Медовый хруст имеют округлую, слегка вытянутую форму (могут быть слегка приплюснутыми). Мякоть хрустящая, характеризуется приятным сладким вкусом. Период созревания в условиях анализируемого хозяйства приходится на конец сентября – начало октября. Отличаются хорошей сохранностью в течение 6 месяцев без потери качества.

Плоды сорта Спартан имеют округлую, слегка приплюснутую форму, ярко-красного цвета. Мякоть твердая, сочная, белая, сладкая, с легкой кислинкой. Яблони плохо переносят весенние заморозки и зимние морозы в условиях ЦЧР.

Внешний вид плодов яблонь анализируемых сортов представлен на рисунке 1, хозяйственно-биологическая характеристика – в таблице 1.



а) сорт Беркутовское (ориг.)



б) сорт Лигол (ориг.)



в) сорт Медовый хруст



г) сорт Спартан

Рис. 1. Внешний вид плодов яблонь изучаемых сортов

Таблица 1. Хозяйственно-биологическая характеристика плодов яблонь изучаемых сортов

Показатель	Сорт			
	Беркутовское	Лигол	Медовый хруст	Спартан
Родина сорта	Россия	Польша	Америка	Канада
Высота дерева/ тип кроны	Средняя, 3–4 м / пирамидальная, расширяющаяся книзу	Средняя, 3–3,5 м / пирамидальная, с возрастом становится раскидистой	Средняя, 4–4,5 м / веретенообразная или пирамидальная	Средняя, 3–4,5 м / пирамидальная, с возрастом становится округлой
Начало плодоношения	На 2–3-й год			
Зимостойкость (устойчивость к низким температурам)	Высокая. Выдерживает температуру до –30 °С	Средняя. Выдерживает температуру до –28 °С	Высокая. Выдерживает температуру до –30 °С и ниже	Средняя. Выдерживает температуру до –25 °С
Сохранность плодов без потери качества	Более 6 месяцев	До 6 месяцев	6 месяцев	До 7 месяцев
Устойчивость к грибковым болезням	Средняя устойчивость к парше и мучнистой росе	Редко заражается паршой или мучнистой росой, равно как и др. грибковыми болезнями	Высокая устойчивость к парше. Мучнистая роса и другие грибковые болезни могут нанести серьезный вред	Высокая устойчивость к мучнистой росе. Парша может нанести серьезный вред
Дегустационная оценка из 5 баллов	4,7	4,6	4,8	4,9
Продуктивность с одного дерева, кг	50–70	100–150	35–45	80–85
Недостатки сорта	Нуждается в комплексных профилактических обработках фунгицидами от многих болезней. При влажной погоде риск заражения паршой и мучнистой росой возрастает	Периодичность плодоношения, сильное нарастание поросли, склонность к загущенности, сопротивляемость бактериальным ожогам и поражениям древесины слабая	Яблоня самобесплодна. При хранении плоды могут поражаться подкожной пятнистостью, при перегрузке ветвей склонны к осыпанию	Требует постоянной обрезки, плохо переносит весенние заморозки и зимние морозы

Общеизвестно, что яблоки полезны для здоровья человека, так как в них содержатся сахара, органические кислоты, витамины, пектиновые, дубильные и красящие вещества, минеральные соли, эфирные масла, калий, фосфор, железо, цинк, кобальт, марганец, йод, причем два последних элемента отнесены к дефицитным в пищевом статусе населения России. Вызревшие яблоки многих сортов содержат йода в 7–10 раз больше, чем грейпфруты, апельсины и бананы [14], таким образом являясь отличной профилактикой заболеваний щитовидной железы. Исследованиями также установлена положительная взаимосвязь между потреблением яблок и снижением риска возникновения онкологических заболеваний прямой кишки у человека [22, 23, 27].

Фитохимический состав плодов непостоянен и варьирует в зависимости не только от метеорологических условий года и места произрастания, но и сорта. Фитохимический состав плодов определяет их вкус и питательную ценность.

По содержанию растворимых сухих веществ в наших исследованиях выделились два сорта – Медовый хруст и Лигол, в плодах которых было больше всего сухих веществ – по 17%. Наименьшее содержание отмечалось в яблоках сорта Спартан – 12,4%. В яблоках сорта Беркутовское сухих веществ было на 2,5% меньше, чем в плодах сортов Медовый хруст и Лигол, но на 2,1% больше, чем в плодах сорта Спартан (рис. 2).

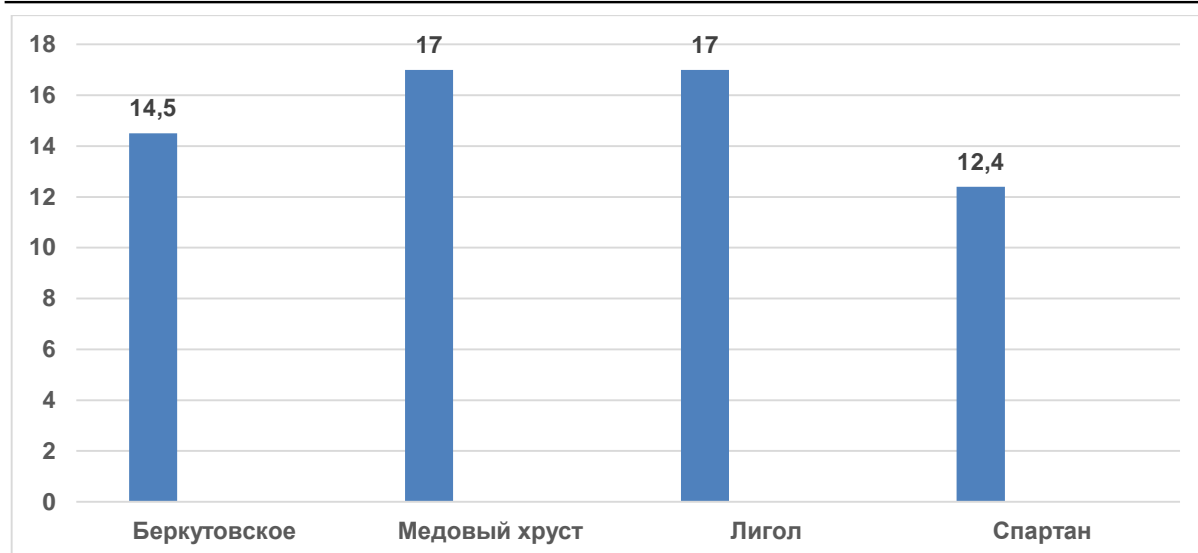


Рис. 2. Содержание растворимых сухих веществ в плодах яблонь изучаемых сортов, %

Вкус плодов – один из наиболее важных показателей. Вкусовые качества яблок во многом определяются содержанием в них сахаров и кислот. Яблоки с низким содержанием кислоты достаточно сладкие, но при этом они пресные и не такие вкусные. Плоды с высокими вкусовыми качествами должны содержать от 0,4 до 1% титруемой кислоты при отношении сахара к кислоте 9 : 27 [18]. В исследованиях отмечено, что плоды яблонь изучаемых сортов, выращенные в Центральной России, имеют высокие вкусовые качества. Титруемая кислотность колеблется от 0,74% (Медовый хруст) до 0,85% (Лигол), отношение сахара к кислоте – от 12,8 (Лигол) до 14,3 (Спартан). По внешнему виду и вкусу плоды яблонь всех изучаемых сортов имеют высокие оценки (более 4,5 балла) и вкусовые качества: Лигол – 4,6 балла, Медовый хруст – 4,8, Беркутовское 4,7 и Спартан – 4,9 балла (табл. 2).

Таблица 2. Биохимические показатели плодов яблонь изучаемых сортов

Сорт	Содержание сахаров, %	Содержание аскорбиновой кислоты, мг/100 г	Титруемая кислотность, %	Отношение сахар / кислота	Вкус плодов, балл
Беркутовское	10,3	15,0	0,76	13,6	4,7
Лигол	10,9	10,0	0,85	12,8	4,6
Медовый хруст	10,6	14,5	0,74	14,3	4,8
Спартан	11,9	8,8	0,83	14,3	4,9
Среднее по сортам	10,9	12,1	0,80	13,8	4,8

Содержание аскорбиновой кислоты в изучаемых сортах в среднем составило 12,1 мг/100 г с вариацией по сортам от 8,8 (Спартан) до 15,0 (Беркутовское). Желаемое содержание аскорбиновой кислоты в плодах яблок должно быть 25–30 мг/100 г [13] (в соответствии с параметрами, заложенными в Комплексной программе селекции на 2001–2020 гг.). Накопление аскорбиновой кислоты зависит от морфологических и биохимических признаков. Этот показатель имеет низкую отрицательную связь с массой плодов, среднюю корреляцию с содержанием растворимых сухих веществ, слабую корреляционную связь с суммой сахаров [17]. Яблони с повышенным содержанием в пло-

дах аскорбиновой кислоты и Р-активных веществ имеют большие перспективы, так как внедрение в производство интенсивных высоковитаминных сортов позволяет увеличить пищевую и лечебно-профилактическую ценность плодов без дополнительных затрат невосполнимых источников энергии [16].

Яблоки богаты антоцианами – природными флавоноидами, которые содержатся в клеточном соке плодов и обуславливают их окрас. Они являются сильными антиоксидантами [24], которые защищают организм от свободных радикалов, а также обладают антидиабетическими [25] и противоопухолевыми [27] свойствами. Максимальное количество антоцианов отмечено в плодах сорта Спартан – 21,6 мг/100 г, минимальное – сорта Лигол – 1,5 мг/100 г. В плодах сортов Беркутовское и Медовый хруст отмечены практически одинаковые показатели – 4,0–5,0 мг/100 г (табл. 3).

**Таблица 3. Содержание биологически активных веществ в плодах яблонь изучаемых сортов, мг/100 г**

Сорт	$\beta$ -каротин	Сумма каротиноидов	Р-активные вещества (биофлавоноиды)		
			антоцианы	флавонолы	катехины
Беркутовское	Следы	0,4	4,0	45,0	1,7
Лигол	Следы	0,4	1,5	11,0	0,2
Медовый хруст	0,5	0,8	5,0	65,0	0,4
Спартан	1,1	1,4	21,6	118,3	2,4

Среди биологически активных веществ в яблоках особое место занимают флавоноиды, относящиеся к классу фенольных соединений, так как именно этот класс веществ обладает различными видами биологической активности [9]. В последние годы интерес к флавоноидам значительно вырос, что связано с их антиоксидантной активностью, противовоспалительными, нейропротекторными, антиканцерогенными свойствами, а также способностью снижать риск развития некоторых хронических заболеваний, что положительно отражается на здоровье человека [8, 19, 20, 26].

Яблоки являются важным источником биофлавоноидов в рационе людей. Уровень фенольных веществ в яблоках во многом зависит от таких факторов, как сорт, тип почвы, количество выпавших осадков, количество солнечных дней в период вегетации, срок сбора урожая, условия хранения, при этом из всех перечисленных факторов определяющим является сорт. В проведенных исследованиях в плодах сорта Спартан отмечено максимальное содержание флавонолов (118,3 мг/100 г), что выше показателей сортов Беркутовское, Медовый хруст и Лигол соответственно в 2,6 раза, 1,8 и 10,8 раза.

Еще одним источником сильных антиоксидантов являются катехины из группы флавоноидов. Катехин ингибирует образование опухолей в кишечнике и задерживает их развитие [20, 21]. Плоды яблок, содержащие больше катехинов, оказывают более сильное антиоксидантное действие, и поэтому они признаны полезными для человека. С этой точки зрения преимуществом обладают плоды сорта Спартан (2,4 мг/100 г) и Беркутовское (1,7 мг/100 г). Содержание катехинов в плодах двух других сортов было значительно меньше.

В плодах яблонь изучаемых сортов определяли содержание каротиноидов, которые являются единственным источником природного витамина А. По этому показателю преимущество было у плодов сорта Спартан, в них содержалось 1,1 мг/100 г  $\beta$ -каротина, который является мощным каротиноидом провитамина А. В яблоках сортов Беркутовское и Лигол были только следы этого вещества.

Как известно, яблоки являются источником пектиновых веществ, которые содержатся в виде растворимого пектина, протопектина и пектиновой кислоты. Пектиновые вещества яблок обладают высокими желирующими свойствами. При попадании в организм человека они образуют коллоидные растворы, которые адсорбируют токсиче-

ские вещества (тяжелые металлы и радионуклиды) и выводят их из организма. В проведенных исследованиях содержание водорастворимых пектиновых веществ по сортам варьировало от 0,4% (Беркутовское) до 0,7% (Лигол и Спартан). Протопектина и пектиновой кислоты в большем количестве содержалось в яблоках сорта Спартан – 1,8%, меньше всего – в плодах сорта Беркутовское – 0,6% (табл. 4). Общее количество пектиновых веществ в яблоках изучаемых сортов в среднем составило 1,7% на сырую массу, с вариацией по сортам от 1,0% (Беркутовское) до 2,5% (Спартан). По показателям содержания протопектина и пектиновой кислоты отмечена аналогичная тенденция.

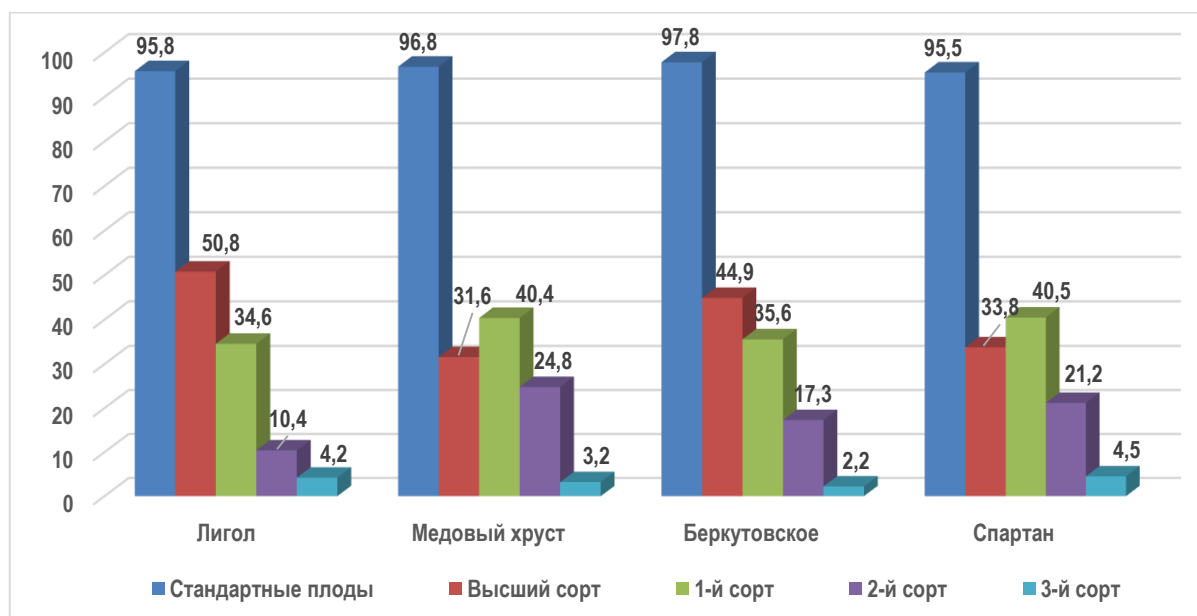
**Таблица 4. Содержание пектиновых веществ в плодах яблонь изучаемых сортов, % (на сырую массу)**

Сорт яблоч	Водорастворимые пектиновые вещества	Протопектин и пектиновая кислота	Общее количество пектиновых веществ
Беркутовское	0,4	0,6	1,0
Лигол	0,7	1,0	1,7
Медовый хруст	0,6	0,9	1,5
Спартан	0,7	1,8	2,5

Качество товарной продукции вместе с урожайностью имеет решающее влияние на экономику производства плодов.

Качественная оценка проводилась по выходу плодов высшего, 1-го и 2-го сортов. Лучший показатель отмечен у яблоч сорта Беркутовское – 97,8%. При этом следует отметить следующее: несмотря на то, что товарность яблоч сорта Лигол была несколько ниже (95,8%), максимально высоким был выход плодов высшего сорта – 50,8% (Беркутовское – 44,9%).

Самыми крупными оказались яблоки сорта Лигол – 177 г. Плоды сорта Беркутовское с массой 158 г были более выровненными, сорта Медовый хруст – самыми мелкими (120 г), меньше на 10 г, чем яблоки сорта Спартан (рис. 3).



**Рис. 3. Товарные качества плодов яблонь изучаемых сортов, %**

Интегральный показатель сорта – это урожайность. Урожайность яблонь анализируемых сортов, по данным агрономического отдела ЗАО «Агрофирма имени 15 лет Октября», в условиях интенсивного сада в среднем по сортам составляет 47,2 т/га, в

условиях экстенсивного сада – 10,2 т/га, что в 4,6 раза меньше. Наибольшая урожайность в интенсивном саду была у сорта Лигол – 75 т/га (рис. 4), что существенно выше показателей других сортов – соответственно на 48 т/га (Медовый хруст), 39 т/га (Беркутовское) и 24 т/га (Спартан). При этом яблони на карликовых подвоях имеют преимущество по урожайности по сравнению с сильнорослыми деревьями, что определяется ранним вступлением в плодоношение и плотностью посадки деревьев.

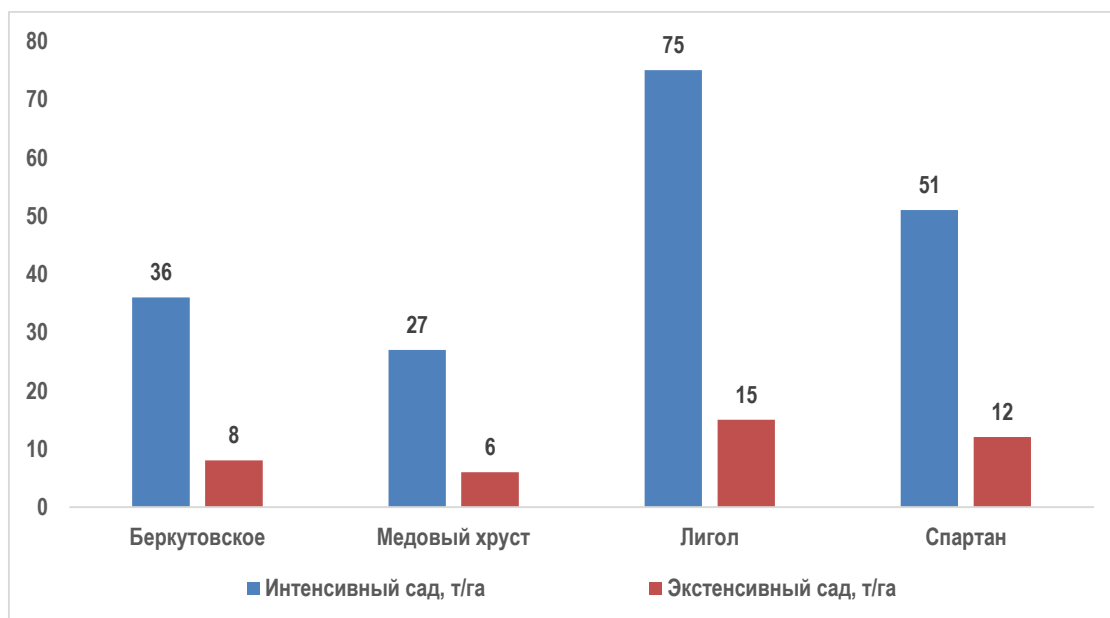


Рис. 4. Урожайность яблонь изучаемых сортов в зависимости от типа сада

Как следует из данных, приведенных на рисунке 4, и в условиях экстенсивного сада наибольшая продуктивность отмечена также у яблонь сорта Лигол (15 т/га), в то время как урожайность других сортов были значительно ниже – 6–12 т/га.

#### Заключение

Продуктивность в интенсивном саду в среднем по сортам составила 47,2 т/га, что в 4,6 раза больше, чем в экстенсивном саду. Наибольшая урожайность в интенсивном саду была у сорта Лигол – 75 т/га, что существенно выше показателей других сортов – соответственно на 48 т/га (Медовый хруст), 39 т/га (Беркутовское) и 24 т/га (Спартан). Аналогичная тенденция по продуктивности в разрезе по сортам сохранилась и в экстенсивном саду. При этом яблони на карликовых подвоях имеют преимущество по урожайности по сравнению с сильнорослыми деревьями, что определяется ранним вступлением в плодоношение и плотностью посадки деревьев.

Содержание водорастворимых пектиновых веществ по сортам варьировало от 0,4% (Беркутовское) до 0,7% (Лигол и Спартан). Протопектина и пектиновой кислоты в большем количестве содержалось в яблоках сорта Спартан – 1,8%, меньше всего – в плодах сорта Беркутовское – 0,6%. Общее количество пектиновых веществ в яблоках изучаемых сортов в среднем составило 1,7% на сырую массу, с вариацией по сортам от 1,0% (Беркутовское) до 2,5% (Спартан). По показателям содержания протопектина и пектиновой кислоты отмечена аналогичная тенденция.

Наибольшее содержание аскорбиновой кислоты отмечалось в яблоках сорта Беркутовское (15 мг/100 г). Меньше всего аскорбиновой кислоты было в плодах сорта Спартан – 8,8 мг/100 г. Сахарокислотный коэффициент по сортам варьировал от 12,8 (Лигол) до 14,3 (Медовый хруст и Спартан). Ближе всех к оптимальным значениям были сорта Медовый хруст и Спартан.



**Список источников**

1. Верзилин А.В. Пути развития садоводства в Центрально-Черноземной зоне // Повышение эффективности садоводства в современных условиях: материалы Всероссийской научно-практической конференции (Мичуринск, 22–24 декабря 2003 г.). Мичуринск: Изд-во ФГОУ ВПО Мичуринский ГАУ, 2003. Т. 3. С. 32.
2. Гаджиев С.Г., Самусь В.А., Лукуть Т.Ф., Павлючик А.С. Влияние качества посадочного материала на скороплодность и продуктивность деревьев яблони в садах разной плотности посадки // Актуальные проблемы освоения достижений науки в промышленном плодоводстве: материалы международной научно-практической конференции (Самохваловичи, 21–22 августа 2002 г.). Минск: Белорусский НИИ плодоводства, 2002. С. 82–87.
3. Гудковский В.А. Проблемы и перспективы обеспечения свежими фруктами и повышения состояния здоровых людей // История, современность и перспективы развития садоводства России: материалы международной конференции (Москва, 15–17 ноября 2000 г.). Москва: Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства, 2000. С. 38–45.
4. Кичина В.В. Принципы улучшения садовых растений. Москва: ГНУ ВСТИСП Россельхоз-академии, 2011. 528 с.
5. Комплексная программа по селекции семечковых культур в России на 2001–2020 гг.: Постановление международной научно-методической конференции «Основные направления и методы селекции семечковых культур» (Орел, 31 июля – 3 августа 2001 г.). Орел: Изд-во Всероссийского НИИ селекции плодовых культур, 2003. 32 с.
6. Красова Н.Г., Галашева А.М., Ожерельева З.Е. Рост и плодоношение сортов яблони в интенсивном саду // Современное садоводство. 2015. № 1(13). С. 20–24.
7. Лепсис Я. Прогнозирование роста и урожая яблони при различных схемах посадки интенсивного сада // Интенсивное садоводство: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 145-летию со дня рождения И.В. Мичурина и 90-летию профессора В.И. Будаговского (Мичуринск, 6–8 сентября 2000 г.). Мичуринск: Изд-во МичГАУ, 2000. Ч. 1. С. 51–53.
8. Макарова М.Н., Макаров В.Г. Молекулярная биология флавоноидов (химия, биохимия, фармакология): руководство для врачей. Санкт-Петербург: Лема, 2010. 428 с.
9. Макарова Н.В. Антиоксидантные свойства фруктов: факторы влияния, применение, готовые продукты: монография. Самара: Самарский государственный технический университет, 2015. 471 с.
10. Минаков И.А. Основные направления развития садоводства в России // Аграрная Россия. 2009. № 2. С. 11–16. DOI: <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2009-2-11-16>.
11. О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия (с изменениями и дополнениями): Постановление Правительства РФ от 14 июля 2012 г. № 717 [Электронный ресурс]. URL: [https://cbr.ru/content/document/file/50680/consultation\\_paper\\_171212.pdf](https://cbr.ru/content/document/file/50680/consultation_paper_171212.pdf) (дата обращения: 22.11.2022).
12. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур: сборник статей; под общ. ред. Е.Н. Седова и Т.П. Огольцовой. Орел: Изд-во Всероссийского НИИ селекции плодовых культур, 1999. 606 с.
13. Седов Е.Н., Корнеева С.А., Серова З.М. Колонновидная яблоня в интенсивном саду: монография. Орел: Изд-во Всероссийского НИИ селекции плодовых культур, 2013. 64 с.
14. Седов Е.Н., Красова Н.Г., Долматов Е.А. Сорта яблони и груши. Тернистые пути их подбора, создания, изучения и внедрения. Орел: Изд-во Всероссийского НИИ селекции плодовых культур, 2004. 320 с.
15. Седов Е.Н., Красова Н.Г., Муравьев А.А. и др. Интенсивный яблоневый сад на слаборослых вставочных подвоях. Орел: Изд-во Всероссийского НИИ селекции плодовых культур, 2009. 176 с.
16. Седов Е.Н., Макаркина М.А., Левгерова Н.С. Биохимическая характеристика плодов генофонда яблони. Орел: Изд-во Всероссийского НИИ селекции плодовых культур, 2007. 310 с.
17. Седов Е.Н. Программы, методы, приемы селекции яблони, их развитие и совершенствование // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013. Т. 17, № 3. С. 487–498.
18. Седов Е.Н. Селекция и сортимент яблони для Центральных регионов России. Орел: Изд-во Всероссийского НИИ селекции плодовых культур, 2005. 312 с.
19. Тутельян В.А., Погожева А.В., Батулин А.К. Биологически активные компоненты питания кардиологических больных: монография. Москва: СВР-АРГУС, 2012. 380 с.
20. Boyer J., Liu R.H. Apple phytochemicals and their health benefits // Nutrition Journal. 2004. Vol. 3(5). DOI: 10.1186/1475-2891-3-5.
21. Ebeler S.E., Brennehan K.A., Kim G.S. et al. Dietary catechin delays tumor onset in a transgenic mouse model // American Journal of Clinical Nutrition. 2002. Vol. 76(4). Pp. 865–872. DOI: 10.1093/ajcn/76.4.865.
22. Gallus S., Talamini R., Giacosa A. et al. Does an apple a day keep the oncologist away? // Annals of Oncology. 2005. Vol. 16(11). Pp. 1841–1844. DOI: 10.1093/annonc/mdi361.
23. Jedrychowski W., Maugeri U., Popiela T. et al. Case-control study on beneficial effect of regular consumption of apples on colorectal cancer risk in a population with relatively low intake of fruits and vegetables // European Journal of Cancer Prevention. 2010. Vol. 19(1). Pp. 42–47. DOI: 10.1097/CEJ.0b013e328333d0cc.
24. Jo A.R., Imm J.Y. Effects of aronia extract of lifespan and age-related oxidative stress in *Drosophila melanogaster* // Food Science Biotechnology. 2017. Vol. 26(5). Pp. 1399–1406. DOI: 10.1007/s10068-017-0180-5.
25. Sivamaruthi B.S., Kesika P., Kumaresan S., Chaiyasut Ch. Beneficial effects of anthocyanins against diabetes mellitus associated consequences. A mini review // Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine. 2019. Vol. 8(10). Pp. 471–477. DOI: 10.4103/2221-1691.244137.



26. Zamora-Ros R., Knaze V., Luján-Barroso L. et al. Estimated dietary intakes of flavonols, flavanones and flavones in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) 24 hour dietary recall cohort // *British Journal of Nutrition*. 2011. Vol. 106(12). Pp. 1915–1925. DOI: 10.1017/S000711451100239X.
27. Zhou L., Wang H., Yi J. et al. Anti-tumor properties of anthocyanins from *Lonicera caerulea* “Beilei” fruit on human hepatocellular carcinoma: *In vitro* and *in vivo* study // *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2018. Vol. 104. Pp. 520–529. DOI: 10.1016/j.biopha.2018.05.057.

## References

1. Verzilin A.V. Puti razvitiya sadovodstva v Tsentral'no-Chernozemnoj zone [Ways of development of horticulture in the Central Black Earth zone]. *Povyshenie effektivnosti sadovodstva v sovremennykh usloviyakh: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii (Michurinsk, 22-24 dekabrya 2003 g.)* [Improving the efficiency of horticulture in modern conditions: Proceedings of the All-Russian Research-to-Practice Conference (Michurinsk, December 22-24, 2003)]. Michurinsk: Michurinsk State Agrarian University Press; 2003;1:32. (In Russ.).
2. Gadzhiev S.G., Samus V.A., Lukut T.F., Pavlyuchik A.S. Vliyanie kachestva posadochnogo materiala na skoroplodnost' i produktivnost' derev'ev yabloni v sadakh raznoj plotnosti posadki [Influence of the quality of planting material on the precocity and productivity of apple trees in orchards of different planting densities]. *Aktual'nye problemy osvoeniya dostizhenij nauki v promyshlennom plodovodstve: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii (Samokhvalovichi, 21-22 avgusta 2002 g.)* [Actual problems of mastering the achievements of science in industrial fruit growing: Proceedings of the International Research-to-Practice Conference (Samokhvalovichi, August 21-22, 2002)]. Minsk: Belarusian Research Institute of Fruit Growing Press; 2002:82-87. (In Russ.).
3. Gudkovsky V.A. Problemy i perspektivy obespecheniya svezhimi fruktami i povysheniya sostoyaniya zdorovykh lyudej [Problems and prospects of providing fresh fruits and improving people's health]. *Istoriya, sovremennost' i perspektivy razvitiya sadovodstva Rossii: materialy mezhdunarodnoj konferentsii (Moskva, 15-17 noyabrya 2000 g.)* [History, modernity and prospects for the development of horticulture in Russia: Proceedings of International Conference (Moscow, November 15-17, 2000)]. Moscow: All-Russian Breeding and Technological Institute of Horticulture and Nursery Press; 2000:38-45. (In Russ.).
4. Kichina V.V. Printsipy uluchsheniya sadovykh rastenij [Principles of improvement of garden plants]. Moscow: All-Russian Research Institute for Fruit Breeding, Agrotechnology and Nursery of the Russian Agricultural Academy Press; 2011. 528 p. (In Russ.).
5. Kompleksnaya programma po selektsii semechkovykh kultur v Rossii na 2001-2020 gg.: Postanovlenie mezhdunarodnoj nauchno-metodicheskoy konferentsii “Osnovnye napravleniya i metody selektsii semechkovykh kul'tur” (Orel, 31 iyulya – 3 avgusta 2001 g.) [Integrated program on seed crop breeding in Russia for 2001-2020: Resolution of the International Research and Methodological Conference “Main directions and methods of seed crop breeding” (Orel, July 31 - August 3, 2001)]. Orel: All-Russian Research Institute of Horticultural Crops Selection Breeding Press; 2003. 32 p. (In Russ.).
6. Krasova N.G., Galasheva A.M., Ozherelieva Z.E. Rost i plodonoshenie sortov yabloni v intensivnom sadu [Growth and fruit bearing of apple cultivars in the intensive orchard]. *Sovremennoe sadovodstvo = Contemporary Horticulture*. 2015;1(13):20-24. (In Russ.).
7. Lepsis Ya. Prognozirovaniye rosta i urozhaya yabloni pri razlichnykh skhemakh posadki intensivnogo sada [Forecasting the growth and yield of apple trees under various schemes for planting an intensive orchard]. *Intensivnoe sadovodstvo: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh, posvyashchennoj 145-letiyu so dnya rozhdeniya I.V. Michurina i 90-letiyu professora V.I. Budagovskogo (Michurinsk, 6-8 sentyabrya 2000 g.)* [Intensive gardening: Proceedings of the International Research-to-Practice Conference of Young Scientists dedicated to the 145<sup>th</sup> anniversary of birth of I.V. Michurin and the 90<sup>th</sup> anniversary of Professor V.I. Budagovsky (Michurinsk, September 6-8, 2000)]. Michurinsk: Michurinsk State Agrarian University Press; 2000;1:51-53. (In Russ.).
8. Makarova M.N., Makarov V.G. Molekulyarnaya biologiya flavonoidov (khimiya, biokhimiya, farmakologiya): rukovodstvo dlya vrachej [Molecular Biology of Flavonoids (Chemistry, Biochemistry, Pharmacology): A Guide for Physicians]. Saint Petersburg: Lema Press; 2010. 428 p. (In Russ.).
9. Makarova N.V. Antioksidantnye svoystva fruktov: faktory vliyaniya, primeneniye, gotovye produkty: monografiya [Antioxidant properties of fruits: factors of influence, applications, finished products: monograph]. Samara: Samara State Technical University Press; 2015. 471 p. (In Russ.).
10. Minakov I.A. Osnovnye napravleniya razvitiya sadovodstva v Rossii [The basic directions of development of gardening in Russia]. *Agrarnaya Rossiya = Agrarian Russia*. 2009;2:11-16. DOI: <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2009-2-11-16>. (In Russ.).
11. O Gosudarstvennoj programme razvitiya sel'skogo khozyajstva i regulirovaniya rynkov sel'sko-khozyajstvennoj produktsii, syr'ya i prodovol'stviya (s izmeneniyami i dopolneniyami): Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 14 iyulya 2012 g. № 717 [On the State Program for the Development of Agriculture and the Regulation of Markets for Agricultural Products, Raw Materials and Food (with amendments and additions): Decree of the Government of the Russian Federation of July 14, 2012 No. 717]. URL: [https://cbr.ru/content/document/file/50680/consultation\\_paper\\_171212.pdf](https://cbr.ru/content/document/file/50680/consultation_paper_171212.pdf). (In Russ.).
12. Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur: sbornik statej; pod obshchej redaktsiej E.N. Sedova i T.P. Ogol'tsovoi [Program and methodology for the study of fruit, berry and nut crops; under the general editorship of E.N. Sedov and T.P. Ogol'tsova]. Orel: All-Russian Research Institute of Horticultural Crops Selection Breeding Press; 1999. 606 p. (In Russ.).

13. Sedov E.N., Korneeva S.A., Serova Z.M. Kolonovidnaya yablonya v intensivnom sadu: monografiya [Columnar apple tree in an intensive orchard]. Orel: All-Russian Research Institute of Horticultural Crops Selection Breeding Press; 2013. 64 p. (In Russ.).
14. Sedov E.N., Krasova N.G., Dolmatov E.A. Sorta yabloni i grushi. Ternistye puti ikh podbora, sozdaniya, izucheniya i vnedreniya [Varieties of apple and pear. The thorny paths of their selection, creation, study and implementation]. Orel: All-Russian Research Institute of Horticultural Crops Selection Breeding Press; 2004. 320 p. (In Russ.).
15. Sedov E.N., Krasova N.G., Muraviev A.A. et al. Intensivnyy yablonevyj sad na slaboroslykh vstavochnykh podvoyakh [Intensive apple orchard on low-growing intermediate stocks]. Orel: All-Russian Research Institute of Horticultural Crops Selection Breeding Press; 2009. 176 p. (In Russ.).
16. Sedov E.N., Makarkina M.A., Levgerova N.S. Biokhimicheskaya kharakteristika plodov genofonda yabloni [Biochemical and technological fruit description of apple gene pool]. Orel: All-Russian Research Institute of Horticultural Crops Selection Breeding Press; 2007. 310 p. (In Russ.).
17. Sedov E.N. Programmy, metody, priemy selektsii yabloni, ikh razvitie i sovershenstvovanie [Apple breeding programs and methods: their development and improvement]. *Vavilovskij zhurnal genetiki i selektsii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2013;17(3):487-498. (In Russ.).
18. Sedov E.N. Seleksiya i sortiment yabloni dlya Tsentral'nykh regionov Rossii [Selection and assortment of apple trees for the Central regions of Russia]. Orel: All-Russian Research Institute of Horticultural Crops Selection Breeding Press; 2005. 312 p. (In Russ.).
19. Tutelyan V.A., Pogozheva A.V., Baturin A.K. Biologicheski aktivnye komponenty pitaniya kardiologicheskikh bol'nykh: monografiya [Biologically active components of the nutrition of cardiologists patients: monograph]. Moscow: SVR-ARGUS Press; 2012. 380 p. (In Russ.).
20. Boyer J., Liu R.H. Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutrition Journal*. 2004;3(5). DOI: 10.1186/1475-2891-3-5.
21. Ebeler S.E., Brennehan K.A., Kim G.S. et al. Dietary catechin delays tumor onset in a transgenic mouse model. *American Journal of Clinical Nutrition*. 2002;76(4):865-872. DOI: 10.1093/ajcn/76.4.865.
22. Gallus S., Talamini R., Giacosa A. et al. Does an apple a day keep the oncologist away? *Annals of Oncology*. 2005;16(11):1841-1844. DOI: 10.1093/annonc/mdi361.
23. Jedrychowski W., Maugeri U., Popiela T. et al. Case-control study on beneficial effect of regular consumption of apples on colorectal cancer risk in a population with relatively low intake of fruits and vegetables. *European Journal of Cancer Prevention*. 2010;19(1):42-47. DOI: 10.1097/CEJ.0b013e328333d0cc.
24. Jo A.R., Imm J.Y. Effects of aronia extract of lifespan and age-related oxidative stress in *Drosophila melanogaster*. *Food Science Biotechnology*. 2017;26(5):1399-1406. DOI: 10.1007/s10068-017-0180-5.
25. Sivamaruthi B.S., Kesika P., Kumaresan S., Chaiyasut Ch. Beneficial effects of anthocyanins against diabetes mellitus associated consequences. A mini review. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 2019;8(10):471-477. DOI: 10.4103/2221-1691.244137.
26. Zamora-Ros R., Knaze V., Luján-Barroso L. et al. Estimated dietary intakes of flavonols, flavanones and flavones in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) 24 hour dietary recall cohort. *British Journal of Nutrition*. 2011;106(12):1915-1925. DOI: 10.1017/S000711451100239X.
27. Zhou L., Wang H., Yi J. et al. Anti-tumor properties of anthocyanins from *Lonicera caerulea* "Beilei" fruit on human hepatocellular carcinoma: *In vitro* and *in vivo* study. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2018;104:520-529. DOI: 10.1016/j.biopha.2018.05.057.

#### Информация об авторах

В.А. Гулидова – профессор, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина», guli49@yandex.ru.

В.Л. Захаров – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина», zaharov7979@mail.ru.

#### Information about the authors

V.A. Gulidova, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Agricultural Technologies, Storage and Processing of Agricultural Products, Bunin Yelets State University, guli49@yandex.ru.

V.L. Zakharov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Agrotechnology, Storage and Processing of Agricultural Products, Bunin Yelets State University, zaharov7979@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 20.05.2023; одобрена после рецензирования 22.06.2023; принята к публикации 28.06.2023.

The article was submitted 20.05.2023; approved after reviewing 22.06.2023; accepted for publication 28.06.2023.

© Гулидова В.А., Захаров В.Л., 2023

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

Научная статья

УДК 634.21(470.32)

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2023\_2\_71

EDN: HPDPCJ

**Оценка морфобиологических особенностей сортов и гибридов абрикоса, выращиваемых в условиях ЦЧР****Елена Владимировна Щербакова<sup>1✉</sup>, Раиса Григорьевна Ноздрачева<sup>2</sup>**<sup>1, 2</sup>Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия  
shher-elena@yandex.ru<sup>✉</sup>

**Аннотация.** Представлены результаты исследования, проведенного с целью оценки морфобиологических особенностей сортов и гибридов абрикоса, выращиваемых в ЦЧР. Изучали динамику жаростойкости и вододерживающей способности листовых пластинок сеянцев абрикоса в зависимости от естественной влажности почвы с учетом глубины залегания корневой системы для отбора наиболее перспективных сеянцев, адаптированных к условиям ЦЧР. Отбор растительного материала проводился в полевых условиях в ботаническом саду им. Б.А. Келлера Воронежского ГАУ (Воронежская область). Объектом исследований служила выборка сеянцев абрикоса от свободного опыления гибридных семей осеннего (1/2020 – Сюрприз X и 2/2020 – Триумф X) и весеннего посевов (3/2021 – формы Крымский ранний X и 4/2021 – Магистр X), а также пяти сортов: Сюрприз (к), Триумф северный, Компотный, Чемпион Севера, Магистр. Изменения вододерживающей способности листовых пластинок фиксировались методом завядания по А. Арланду, выявлено широкое варьирование этого признака. Обобщенные данные показали, что средняя потеря влаги в гибридных семьях по месяцам изменялась от 10,4 до 16,38%. При определении жаростойкости использовалась методика Ф.Ф. Мацкова. Установлена слабая жаростойкость сортов и гибридов в начале вегетации, повреждения листовых пластинок при температуре 40–50–60 °С максимальны в июне. В июле и августе t 40 °С практически не повреждает листья при прогреве, что указывает на возросшую жаростойкость тканей на фоне их взросления. Критическими для всех растений в опыте стали температуры начиная от 60 °С, при которых по всем месяцам отмечены наибольшие показатели повреждения листовых пластинок, а при t 70 °С и t 80 °С – повреждения на 100%. Выявлена зависимость между запасами влаги в почве на глубине корнеобитаемого слоя с жаростойкостью тканей листовых пластинок и вододерживающей способностью анализируемых образцов.

**Ключевые слова:** гибридная семья, сорта, сеянцы, жаростойкость, засухоустойчивость, корнеобитаемый слой, запасы влаги

**Для цитирования:** Щербакова Е.В., Ноздрачева Р.Г. Оценка морфобиологических особенностей сортов и гибридов абрикоса, выращиваемых в условиях ЦЧР // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 2(77). С. 71–80. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_71](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_71)–80.

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

Original article

**Assessment of morphobiological features of apricot varieties and hybrids cultivated in the conditions of the Central Chernozem Region****Elena V. Shcherbakova<sup>1✉</sup>, Raisa G. Nozdracheva<sup>2</sup>**<sup>1, 2</sup>Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russiashher-elena@yandex.ru<sup>✉</sup>

**Annotation.** The authors present the results of research conducted in order to assess the morphobiological characteristics of apricot varieties and hybrids cultivated in the conditions of the Central Chernozem Region. The dynamics of heat resistance and water-holding capacity of leaf blades of apricot seedlings was studied depending on the natural soil moisture, taking into account the depth of the root system, in order to select the most promising seedlings adapted to the conditions of the CChR. The selection of plant material was carried out in the field on the territory of B.A. Keller Botanical Garden of Voronezh State Agrarian University (Voronezh Oblast). The object of research included a sample of apricot seedlings from open pollination of hybrid families of autumn (1/2020 – Surprise X and 2/2020 – Triumph X) and spring crops (3/2021 – forms of Krymsky Rannii X and 4/2021 – Magistr X), as well as five varieties: Surprise (k), Triumph Severnyi, Compotnyi, Champion Severa, and Magistr. Changes in the water-holding capacity of leaf blades were recorded by the method of wilting according to A. Arland within hybrid families of biennial varieties and apricot seedlings, and a wide variation of this trait was revealed. The generalized data showed that the average moisture loss in hybrid families varied from 10.4 to 16.38% by month.

Heat resistance was evaluated by the method of F.F. Matskov. Weak heat resistance of varieties and hybrids was established at the beginning of the growing season, and the damage to leaf blades at the temperatures of 40-50-60°C was maximal in June. In July and August, the temperature of 40°C practically does not damage the leaves when warming up, which indicates an increased heat resistance of the tissues against the background of their maturation. Temperatures starting from 60°C were critical for all plants in the experiment with the highest damage rate of leaf blades in all months, while at 70°C and 80°C the damage was 100%. It was revealed that there was dependence between the moisture reserves in the soil at the depth of the root layer with heat resistance of leaf blade tissues and water-holding capacity of the analyzed samples.

**Keywords:** hybrid family, variety, seedling, heat resistance, drought resistance, root layer, moisture reserves

**For citation:** Shcherbakova E.V., Nozdracheva R.G. Assessment of morphobiological features of apricot varieties and hybrids cultivated in the conditions of the Central Chernozem Region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(2):71-80. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_71-80](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_71-80).

**А**брикос обыкновенный (лат. *Prúnus armeniáca*) принадлежит к семейству Розовые (*Rosaceae*). В современной научной литературе выделяют от трех до шести возможных центров происхождения абрикоса. Среди них наиболее вероятным первичным центром считается район Тянь-Шаня в Китае. В Россию абрикос попал с Запада в XVII в., однако на Украину, Кавказ и в Крым он попал напрямую с Ближнего и Среднего Востока. Украинское название абрикос – «жердель» – указывает на прямое проникновение из Персии.

Плоды абрикоса характеризуются хорошей сахаристостью, высоким содержанием витамина А, наличием органических кислот, ароматических и ценных минеральных веществ. Отличаясь полнотой вкуса (сбалансированной сахаристостью и кислотностью) и высоким содержанием пектиновых веществ, плоды абрикоса представляют исключительную ценность для консервной промышленности. По урожайности и долговечности дерева абрикос также занимает одно из первых мест среди косточковых плодовых пород, давая в соответствующих климатических условиях, при правильном агротехническом уходе, в среднем 8–10 т, а в отдельные годы до 20 т и выше с 1 га.

Абрикос как скороспелая и регулярно плодоносящая порода, наряду с ягодными культурами, персиком, вишней и черешней, должен стать одной из ведущих культур в целях создания мощной плодовой базы страны. Чрезвычайно важной особенностью абрикоса является раннее созревание плодов (июнь-июль), следующее после созревания черешен и вишен и предшествующее созреванию слив, персиков, летних яблок и груш. Это обстоятельство имеет большое значение для бесперебойного снабжения населения нашей страны свежими плодами и равномерной загрузки плодообработывающей промышленности в первой половине лета, до созревания основной массы фруктов и овощей.

Абрикос считается растением засухоустойчивым, хорошо выдерживающим почвенную и атмосферную засуху [3]. В случае недостатка влаги деревья плохо поглощают необходимые элементы питания, в связи с чем снижается эффективность системы питания, ослабевает рост побегов, ухудшается общее физиологическое состояние насаждений. Из литературных источников известно, что засухоустойчивость растений является главным из хозяйственно значимых признаков [2, 5].

Адаптивность растений абрикоса к определенным условиям имеет решающее значение для промышленного садоводства, в связи с чем необходимо учитывать не только биологические особенности растений абрикоса, но и климатические особенности ЦЧР с теплым полузасушливым летом и недостаточным естественным увлажнением почвы во время вегетационного периода в отдельные годы, проводить анализ засухоустойчивости и жаростойкости гибридных семей и отдельных сеянцев при отборе с учетом их морфобиологического развития. Несмотря на высокие вкусовые качества плодов абрикоса, содержащих ряд витаминов, макро- и микроэлементов, в регионе культура в промышленных садах распространена незначительно, в основном возделывается садоводами-любителями. Это объясняется ограниченным сортиментом абрикоса, низкой зимостойкостью генеративных почек, неустойчивыми погодными условиями в

период цветения и рядом других биологических особенностей, которые часто не учитываются при возделывании этой культуры, что не дает возможности широко использовать культуру абрикоса в промышленном садоводстве. Выводы, сделанные ранее о засухоустойчивости и нетребовательности культуры абрикоса, основаны на центрах ее происхождения, но помещенный в иные условия, абрикос, имея свои особенности морфологического строения корневой системы, а именно поверхностное расположение основной массы всасывающих корешков, также страдает от недостатка влаги, как и другие плодовые породы [2, 7].

Представлены результаты исследования, проведенного с целью изучения динамики жаростойкости и водоудерживающей способности листовых пластинок сеянцев абрикоса в зависимости от естественной влажности почвы с учетом глубины залегания корневой системы для отбора наиболее перспективных, адаптированных к условиям ЦЧР.

Отбор растительного материала для изучения жаростойкости и водоудерживающей способности листовых пластинок проводился в полевых условиях на территории ботанического сада имени Б.А. Келлера Воронежского государственного аграрного университета (Воронежская область), лабораторные исследования велись согласно методике изучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур [4, 6].

Объектом исследований служила выборка сеянцев абрикоса от свободного опыления гибридных семей осеннего (1/2020 – Сюрприз X и 2/2020 – Триумф X) и весеннего посевов (3/2021 – формы Крымский ранний X и 4/2021 – Магистр X), а также пяти сортов: Сюрприз (к), Триумф северный, Компотный, Чемпион Севера, Магистр.

Изменения водоудерживающей способности листовых пластинок фиксировались методом завядания по А. Арланду в пределах гибридных семей двулетних сортов и сеянцев абрикоса, при определении жаростойкости использовалась методика Ф.Ф. Мацкова [8, 11].

Морфологический анализ проводился на свежем материале [8].

Для осуществления отбора наиболее перспективных адаптированных к условиям региона сеянцев абрикоса по окончании первого года вегетации производился раскоп корневой системы для изучения структурно-морфологических особенностей ее строения. Применялся метод полной отмывки корневой системы, извлеченной из почвы, с дальнейшими промерами и взвешиваниями. Получены показатели средней длины главного корня, проводящих и всасывающих корней (рис. 1).

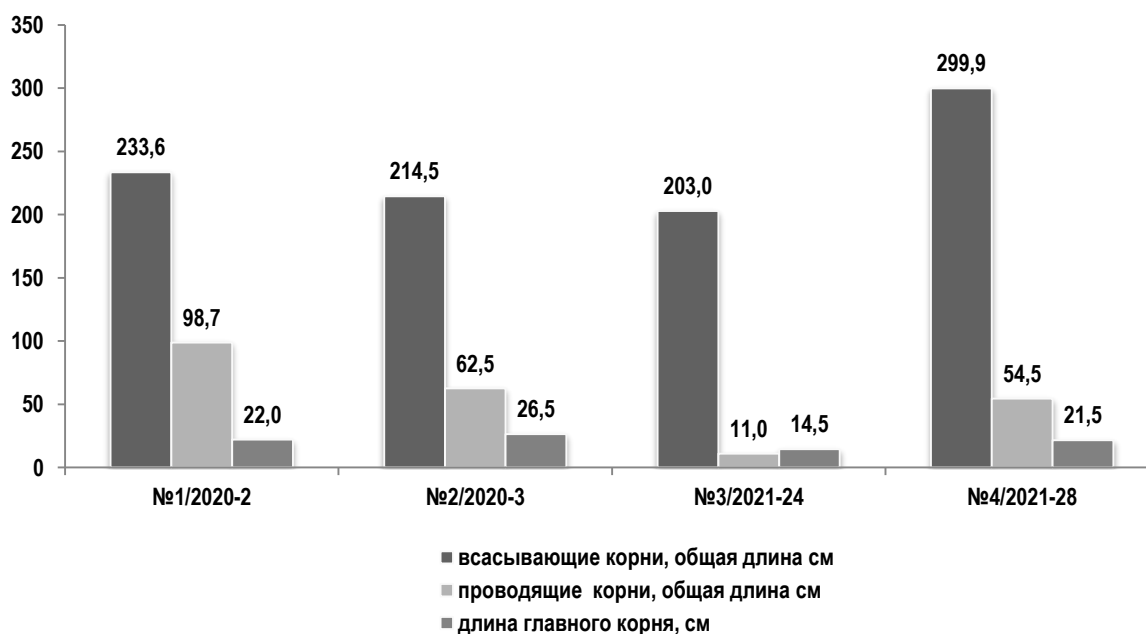


Рис. 1. Динамика основных корней однолетних сеянцев абрикоса

После проведения анализа строения корневой системы по ряду морфологических признаков с разделением корней по типам, без учета корневых волосков был сделан вывод о поверхностном расположении основной массы всасывающих корней в слоях почвы от 10 до 20 см у однолетних сеянцев.

Происхождение абрикоса обуславливает его биологические особенности, в частности расположение корневой системы в двух проекциях – горизонтальной и вертикальной. Почвенно-климатические условия конкретной местности влияют на рост и развитие растений, но как отмечают многие авторы, основная масса всасывающих корней располагается в горизонтальной проекции и осваивает верхние слои почвы, только одиночные корни абрикоса способны проникать глубже трех метров. Эти особенности строения позволили отнести абрикос к породам с поверхностной корневой системой. В дальнейшем при проведении опытов по определению естественной влажности почвы эта морфобиологическая особенность растений абрикоса учитывалась [9, 10].

На втором году вегетации исследованы изменения жаростойкости и водоудерживающей способности листовых пластинок в пределах гибридных семей двулетних сеянцев абрикоса. Одновременно велось изучение одновозрастных растений абрикоса селекции кафедры плодоводства и овощеводства ВГАУ, размещенных на территории ботанического сада. В качестве контроля был выбран абрикос сорта Сюрприз (к).

Объектами исследований служили двадцать сеянцев абрикоса от свободного опыления гибридных семей 1/2020 – Сюрприз X, 2/2020 – Триумф X, 3/2021 – формы Крымский ранний X, 4/2021 – Магистр X и пять сортов: Сюрприз (к), Триумф северный, Компотный, Чемпион Севера, Магистр. Для исследований из каждой гибридной семьи было выделено по 5 наиболее типичных сеянцев. В течение вегетационного периода для лабораторного опыта в ранние утренние часы из средней части побегов годового прироста трижды (в июне, июле и в августе) в трехкратной повторности осуществлялся отбор листовых пластинок в количестве 15 шт. от каждого сеянца и сорта [5].

Если подвергнуть лист действию высокой температуры, а затем погрузить в слабый раствор соляной кислоты, то поврежденные и мертвые клетки побуреют вследствие свободного проникновения в них кислоты, которая вызовет превращение хлорофилла в феофитин, тогда как неповрежденные клетки останутся зелеными.

Отобранные листья помещали на водяную баню в лабораторных стаканах, нагревали до +40 °С и выдерживали в течение 30 минут. Затем вынимали 3 из 15 листьев от каждого сеянца или сорта и помещали в чашку с холодной водой. После охлаждения в чашках Петри заменяли воду 0,2 N раствором соляной кислоты и через 20 минут фиксировали степень повреждения по появлению бурых пятен. Остальные листовые пластинки извлекали из стаканов водяной бани после повышения температуры в ней с шагом в 10 °С и экспозицией в 10 минут. Всего в опыте участвовало по 5 проб от каждой гибридной семьи и сорта.

При проведении исследований на жаростойкость в июне зафиксированы минимальные повреждения листовых пластинок у сеянцев гибридных семей – от 0 до 5% листовой поверхности в первой пробе. У сортов повреждения первой пробы составили от 5 до 40%: минимальное – у сортов Сюрприз (к) и Чемпион Севера (по 5%), максимальное – у сорта Магистр (40%).

После анализа второй пробы выявлен рост повреждений листовых пластинок как у сортов, так и у сеянцев. В среднем зафиксированы следующие показатели: по гибридным семьям: 1/2020 – 51,8%, 2/2020 – 67,2%, 3/2021 – 44,4%, 4/2021 – 34,6%; по сортам: Сюрприз (к) – 40%, Триумф северный – 100%, Компотный – 98%, Чемпион Севера – 95%, Магистр – 98%. При анализе третьей и последующих проб у сортов и сеянцев отмечалось полное повреждение листовых пластинок – 100%. Данные мониторинга, проведенного в июне, приведены в таблице 1.

Таблица 1. Степень повреждения листьев абрикоса в июне, %

Сорт, номер гибридной семьи и сеянца	Степень повреждения листьев при температуре				
	+40 °С	+50 °С	+60 °С	+70 °С	+80 °С
Сюрприз (к)	5	40	100	100	100
Триумф северный	33	100	100	100	100
Компотный	15	98	100	100	100
Чемпион Севера	5	95	100	100	100
Магистр	40	98	100	100	100
1/2020-OC2	2	60	100	100	100
1/2020-B3	–	33	100	100	100
1/2020-B9	–	70	100	100	100
1/2020-B13	–	53	100	100	100
1/2020-B15	–	43	100	100	100
2/2020-OC3	–	96	100	100	100
2/2020-OC5	5	15	100	100	100
2/2020-B1	2	27	100	100	100
2/2020-B2	–	98	100	100	100
2/2020-OC6	–	100	100	100	100
3/2021-13	2	90	100	100	100
3/2021-15	–	40	100	100	100
3/2021-24	–	32	100	100	100
3/2021-29	–	50	100	100	100
3/2021-34	–	10	96	100	100
4/2021-4	–	3	95	100	100
4/2021-19	–	85	100	100	100
4/2021-26	–	45	100	100	100
4/2021-29	–	10	100	100	100
4/2021-32	–	30	100	100	100

Во время проведения мониторинга в июле в первой пробе отмечены повреждения листовых пластинок только у двух сеянцев из гибридной семьи 1/2020 – соответственно 3 и 5%. У сортов повреждения в первой пробе не зафиксированы.

Во второй пробе отмечены следующие показатели: в среднем по гибридным семьям: 1/2020 – 57,6%, 2/2020 – 48%, 3/2021 – 13%, 4/2021 – 2% повреждений; по сортам: Сюрприз (к) – 35%, Триумф северный – 5%, Компотный – 5%, Чемпион Севера – 20%, Магистр – 5%.

Анализ третьей пробы выявил полное повреждение листовых пластинок у сортов Сюрприз (к), Компотный, Чемпион Севера, Магистр и 95% у сорта Триумф северный. В среднем по гибридным семьям в третьей пробе повреждения составили: 1/2020 – 100%, 2/2020 – 99,4%, 3/2021 – 83,6%, 4/2021 – 47,6%. У сеянца 29 из гибридной семьи 4/2021 в третьей пробе повреждения полностью отсутствовали. При  $t$  70 °С и  $t$  80 °С в последующих пробах повреждения листовых пластинок у сортов и сеянцев были максимальными. Данные мониторинга, проведенного в июле, приведены в таблице 2.

При проведении мониторинга в августе первая проба показала отсутствие повреждений листовых пластинок как у исследуемых сортов, так и у гибридных сеянцев. Во второй пробе они были незначительными и зафиксированы только у сортов Триумф северный – 2%, Компотный – 2%, Чемпион Севера – 1%.

При анализе второй пробы в среднем отмечены следующие показатели: по гибридным семьям: 1/2020 – повреждения не зафиксированы, 2/2020 – 15,8%, 3/2021 – 5,8%, 4/2021 – 1% повреждений. При проведении третьей пробы выявлены максимальные повреждения у сортов – от 80 до 99% и у сеянцев по гибридным семьям: 1/2020 – 95,8%, 2/2020 – 98,6%, 3/2021 – 99,4%, 4/2021 – 81,4%. Минимальные изменения зафиксированы у сеянца 26 из гибридной семьи 4/2021 – 15%. Дальнейшие пробы показали полное повреждение листовых пластинок исследуемых сортов и гибридных сеянцев. Данные мониторинга, проведенного в августе, приведены в таблице 3.

Таблица 2. Степень повреждения листьев абрикоса в июле, %

Сорт, номер гибридной семьи и сеянца	Степень повреждения листьев при температуре				
	+40 °С	+50 °С	+60 °С	+70 °С	+80 °С
Сюрприз (к)	–	35	100	100	100
Триумф северный	–	5	95	100	100
Компотный	–	5	100	100	100
Чемпион Севера	–	20	100	100	100
Магистр	–	5	100	100	100
1/2020-ОС2	–	25	100	100	100
1/2020-В3	–	37	100	100	100
1/2020-В9	–	88	100	100	100
1/2020-В13	3	40	100	100	100
1/2020-В15	5	98	100	100	100
2/2020-ОС3	–	25	100	100	100
2/2020-ОС5	–	60	100	100	100
2/2020-В1	–	85	99	100	100
2/2020-В2	–	30	100	100	100
2/2020-ОС6	–	40	98	100	100
3/2021-13	–	10	100	100	100
3/2021-15	–	5	70	100	100
3/2021-24	–	5	98	100	100
3/2021-29	–	35	100	100	100
3/2021-34	–	10	50	100	100
4/2021-4	–	–	98	100	100
4/2021-19	–	10	100	100	100
4/2021-26	–	–	10	100	100
4/2021-29	–	–	–	100	100
4/2021-32	–	–	30	100	100

Таблица 3. Степень повреждения листьев абрикоса в августе, %

Сорта, номер гибридной семьи и сеянца	Степень повреждения листьев при температуре				
	+40 °С	+50 °С	+60 °С	+70 °С	+80 °С
Сюрприз (к)	–	–	95	100	100
Триумф северный	–	2	80	100	100
Компотный	–	2	80	100	100
Чемпион Севера	–	1	85	100	100
Магистр	–	–	99	100	100
1/2020-ОС2	–	–	99	100	100
1/2020-В3	–	–	80	100	100
1/2020-В9	–	–	100	100	100
1/2020-В13	–	–	100	100	100
1/2020-В15	–	–	100	100	100
2/2020-ОС3	–	2	100	100	100
2/2020-ОС5	–	–	100	100	100
2/2020-В1	–	–	95	100	100
2/2020-В2	–	10	100	100	100
2/2020-ОС6	–	67	98	100	100
3/2021-13	–	25	100	100	100
3/2021-15	–	–	100	100	100
3/2021-24	–	–	99	100	100
3/2021-29	–	3	99	100	100
3/2021-34	–	1	99	100	100
4/2021-4	–	2	100	100	100
4/2021-19	–	3	97	100	100
4/2021-26	–	–	15	100	100
4/2021-29	–	–	99	100	100
4/2021-32	–	–	96	100	100

Усредненные показатели роста повреждений листовых пластинок растений абрикоса по месяцам (июнь, июль, август) в зависимости от  $t$  °С (при  $t$  40, 50 и 60 °С) представлены на рисунке 2.



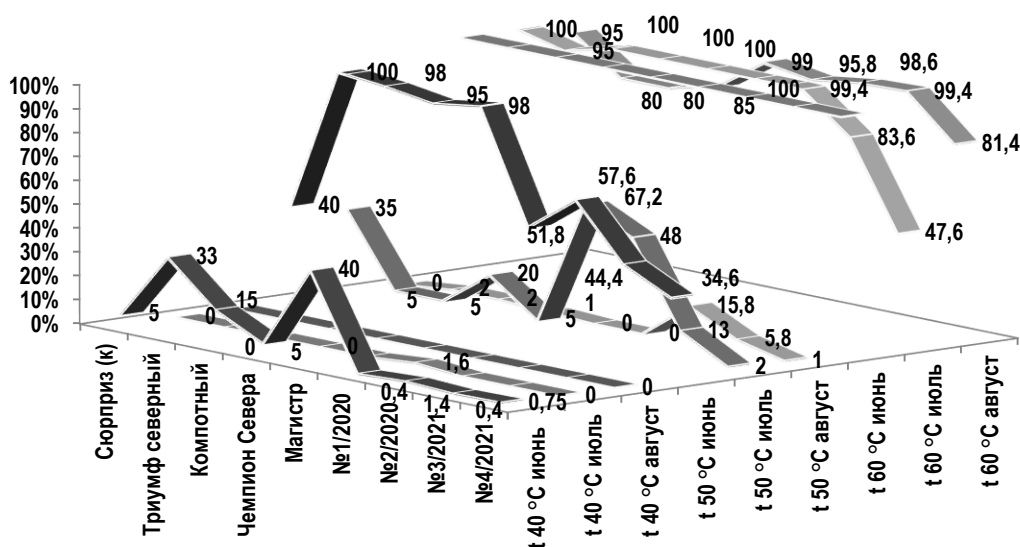


Рис. 2. Динамика роста повреждений листовых пластинок растений абрикоса в зависимости от t °C по месяцам, %

Жаростойкость сортов и гибридов достаточно низкая в начале вегетации, на это указывают июньские повреждения листовых пластинок при температуре 40, 50 и 60 °C. В июле и августе t 40 °C практически не повреждает листья при прогреве, что указывает на возросшую жаростойкость тканей на фоне их взросления. При t 50 °C в июле и августе повреждения листовых пластинок сильно варьируют в зависимости от индивидуальных генетических особенностей каждого исследуемого растения, но не являются критическими для их роста в процессе вегетации. Критическими для всех растений в опыте стали температуры начиная с 60 °C, при которых по всем месяцам отмечены наибольшие показатели повреждения листовых пластинок, а при t 70 °C и t 80 °C – повреждения на 100%.

Исследования на жаростойкость и водоудерживающую способность тканей листовых пластинок растений абрикоса проводились с одновременным отбором образцов грунта на участке для анализа естественной влажности почвы, так как процессы насыщения растительного материала влагой, его жаростойкость и водоудерживающая способность находятся в глубокой физиологической связи.

Отбор образцов проводился послойно при помощи бура в трех повторностях. Следуя методике, отобранный грунт помещался в заранее взвешенные бюксы согласно глубине слоя. В лабораторных условиях бюксы после повторного взвешивания с сырой навеской помещали в сушильный шкаф для высушивания до постоянной массы при t 105 °C [1]. Полученные результаты отражены на рисунке 3.

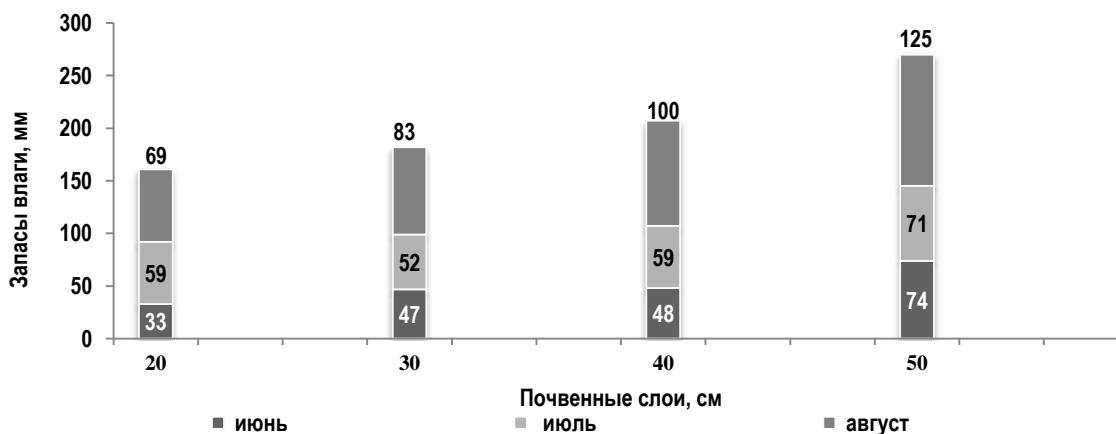


Рис. 3. Распределение запасов влаги в слоях почвы по месяцам, мм водного столба

Оценка запасов влаги в почве показала, что в верхнем слое 0–20 см в третью декаду июня они были удовлетворительными, в слоях 0–30 и 0–40 см – очень плохими, в слое 0–50 см – плохими [2]. Растения абрикоса в этот период вегетации испытывали недостаток влаги. Полученные результаты хорошо коррелируют с низкой жаростойкостью листовых пластинок в этот период. Согласно морфобиологическим особенностям основная масса всасывающих корешков двулетних растений абрикоса располагается на глубине до 50 см. В третью декаду июля запасы влаги в почве существенно не увеличились и были оценены как плохие по шкале оценки запасов продуктивной влаги в почве. Августовские пробы показали существенный рост увлажнения почвы в слоях 0–40 и 0–50 см и были удовлетворительными в отличие от поверхностных слоев, где запасы влаги оставались плохими.

Засухоустойчивость в широком смысле означает способность плодовых культур произрастать при недостатке воды (способность выносить обезвоживание в период вегетации) и высоких атмосферных температурах (способность выносить перегрев) за счет морфологических признаков и физиологических механизмов адаптации к стрессовым условиям, приобретенным в процессе эволюции [4].

Водоудерживающая способность тканей листовых пластинок является одним из показателей, определяющих стойкость к обезвоживанию в условиях недостаточного увлажнения почвы и атмосферной засухи (обилие солнечного излучения и сухость воздуха). В течение вегетационного периода проводился отбор листовых пластинок сортов и гибридов абрикоса для исследования водоудерживающей способности по показателям интенсивности потери ими влаги (рис. 4).

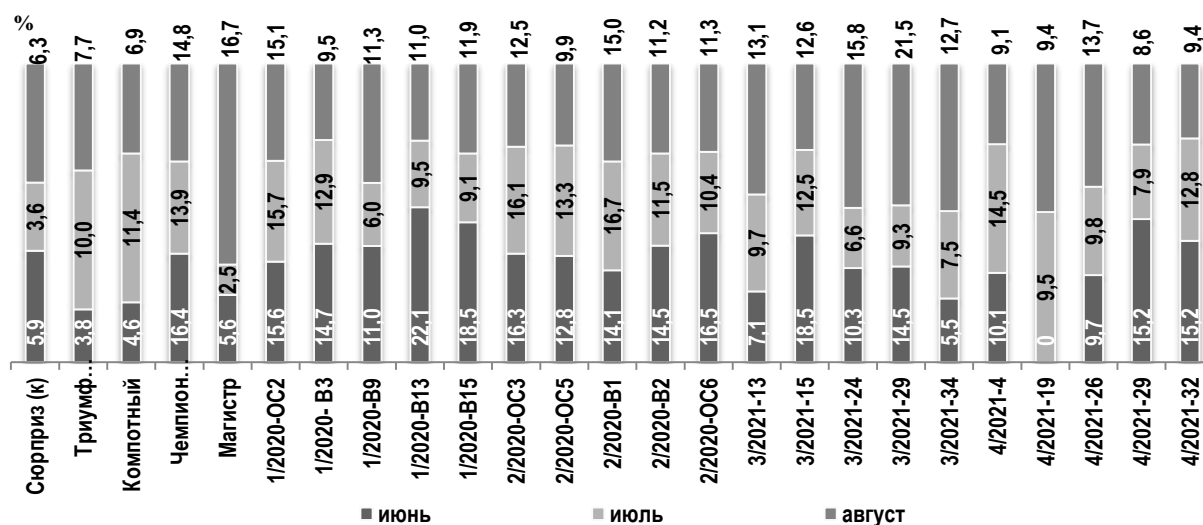


Рис. 4. Интенсивность потери влаги листьями абрикоса от первоначального веса в течение 2, 4 и 6 часов (в среднем по месяцам), %

Анализ полученных данных по водоудерживающей способности листовых пластинок растений абрикоса в течение вегетационного периода выявил широкое варьирование этого признака как по сортам, так и по гибридным семьям. Обобщенные данные показали, что в среднем потеря влаги по гибридным семьям в июне изменялась от 10,4 до 16,38%: 1/2020 – 16,38%, 2/2020 – 14,84%, 3/2021 – 11,18%, 4/2021 – 10,4%. В июле этот показатель в среднем по гибридным семьям уменьшился: 1/2020 – 10,64%, 2/2020 – 13,6%, 3/2021 – 9,12%, однако в гибридной семье 4/2021 показатель незначительно возрос – до 10,9%.

Проведенный мониторинг в августе в сравнении с июлем выявил изменение показателя потери влаги листовыми пластинками в сторону увеличения. Так, в гибридных семьях 1/2020 и 3/2021 этот показатель увеличился соответственно до 11,76 и 15,14%,

в гибридной семье 2/2020 произошло уменьшение – до 11,98%. Наименьший показатель потери влаги в августе зафиксирован в гибридной семье 4/2021 и составила 10,04% (рис. 5).

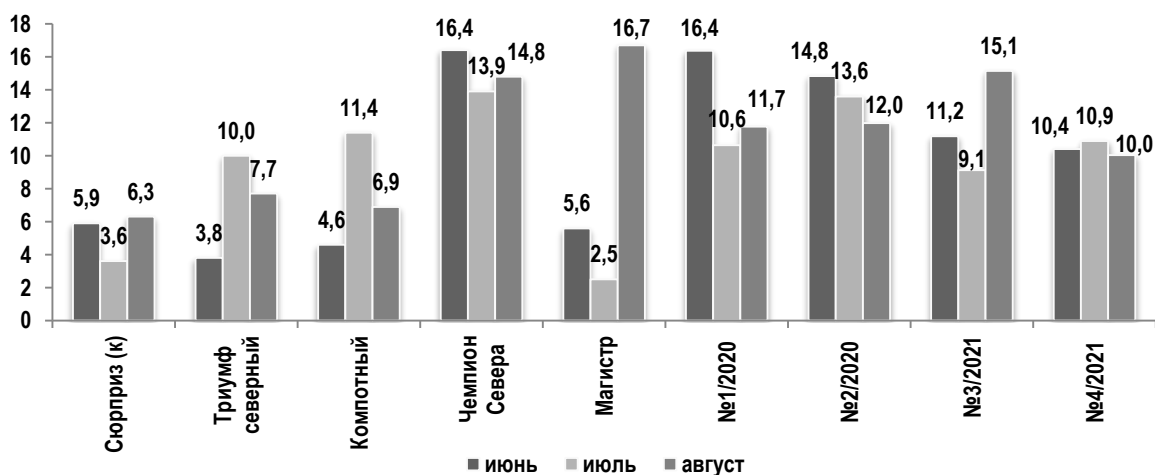


Рис. 5. Интенсивность потери влаги листьями абрикоса гибридных семей и сортов (в среднем по месяцам), %

Водоудерживающая способность контрольного сорта Сюрприз подтверждена как самая лучшая среди исследуемых сортов и гибридных семей, однако наибольшую стабильность в условиях варьирования влажности почвенных слоев за вегетационный период показала гибридная семья 4/2021, где этот признак оставался в пределах от 10,0 до 10,9%.

#### Выводы

Проведенные исследования выявили четкую зависимость морфологического строения корневой системы растений абрикоса, глубины ее залегания от влагообеспеченности по слоям почвы, а также широкое варьирование показателей жаростойкости и водоудерживающей способности листовых пластинок в естественных условиях вегетационных периодов как по сортам, так и в пределах гибридных семей, что связано с индивидуальными особенностями каждого генотипа. Это следует учитывать при отборе сорта или гибрида на адаптивность к конкретным условиям выращивания. Однако не всегда хорошая адаптивность коррелирует с высокой продуктивностью, в связи с чем необходима комплексная оценка полученного селекционного материала.

#### Список источников

1. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв: учебное пособие по специальности «Агрохимия и почвоведение». 3-е изд., перераб и доп. Москва: Агропромиздат, 1986. 415 с.
2. Важов В.И., Иванов В.Ф., Иванова А.С. и др. Абрикос; под ред. В.К. Смыкова. Москва: Агропромиздат, 1989. 238 с.
3. Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., Байбеков Р.Ф. Практикум по почвоведению: учебное пособие; под ред. доктора биологических наук, профессора Н.Ф. Ганжары. Москва: Агроконсалт, 2002. 280 с.
4. Кушниренко М.Д. Водный режим и засухоустойчивость плодовых растений: автореферат дис. ... д-ра биол. наук. Кишинев, 1965. 54 с.
5. Кушниренко М.Д., Печерская С.Н. Физиология водообмена и засухоустойчивости растений. Кишинев: Штиинца, 1991. 304 с.
6. Лобанов Г.А., Заец В.К., Степанов С.Н. и др. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Мичуринск: Всесоюзный НИИ садоводства им. И.В. Мичурина, 1973. 492 с.
7. Ноздрачева Р.Г. Некоторые особенности выращивания селекционного материала абрикоса // Итоги научно-исследовательской работы агрономического факультета: сборник научных трудов, посвященный 90-летию со дня образования агрономического факультета Воронежского государственного аграрного университета. Воронеж: ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2004. С. 78–81.
8. Рябушкин Ю.Б. Плодоводство, виноградарство: краткий курс лекций. Саратов: ФГБОУ ВПО Саратовский ГАУ, 2014. 91 с.

9. Самигуллина Н.С. Практикум по селекции и сортоведению плодовых и ягодных культур: учебное пособие. Мичуринск: Изд-во ФГОУ ВПО Мичуринский ГАУ, 2006. 193 с.

10. Щербакова Е.В. Особенности роста и развития сеянцев абрикоса // Молодежь. Наука. Инновации: сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием (Ярославль, 16–17 марта 2022 г.). Ярославль: Изд-во ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2022. С. 50–54.

11. Якушкина Н.И., Бахтенко Е.Ю. Физиология растений: учебник. Москва: Владос, 2005. 463 с.

#### References

1. Vadyunina A.F., Korchagina. Z.A. Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv: uchebnoe posobie po special'nosti "Agrokimiya i pochvovedenie". 3-e izd., pererab i dop. [Methods of studying the physical properties of soils: a textbook on the specialty "Agrochemistry and Soil Science". 3<sup>rd</sup> edition, revised and enlarged]. Moscow: Agropromizdat Press; 1986. 415 p. (In Russ.).

2. Vazhov V.I., Ivanov V.F., Ivanova A.S. et al. Abrikos; pod red. V.K. Smykova [Aprikot; under the editorship of V.K. Smykov]. Moscow: Agropromizdat Press; 1989. 238 p. (In Russ.).

3. Ganzhara N.F., Borisov B.A., Baibekov R.F. Praktikum po pochvovedeniyu: uchebnoe posobie; pod red. doktora biologicheskikh nauk, professora N.F. Ganzhary [Practicum on soil science: textbook; edited by Doctor of Biological Sciences, Professor N.F. Ganzhara]. Moscow: Agrokonsalt Press; 2002. 280 p. (In Russ.).

4. Kushnirenko M.D. Vodnyy rezhim i zasukhoustojchivost' plodovykh rastenij [Water regime and drought resistance of fruit plants]: avtoreferat dissertatsii ... doktora biologicheskikh nauk = Abstract of Doctoral Dissertation in Biological Sciences. Kishinev; 1965. 54 p. (In Russ.).

5. Kushnirenko M.D., Pecherskaya S.N. Fiziologiya vodoobmena i zasukhoustojchivosti rastenij [Physiology of water exchange and drought resistance of plants]. Kishinev: Shtiintsa Press; 1991. 304 p. (In Russ.).

6. Lobanov G.A., Zaets V.K., Stepanov S.N. et al. Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur [The program and methodology of variety study of fruit, berry and nut crops]. Michurinsk: I.V. Michurin All-Union Research Institute of Horticulture Press; 1973. 492 p. (In Russ.).

7. Nozdracheva R.G. Nekotorye osobennosti vyrashchivaniya selektsionnogo materiala abrikosa [Some features of growing apricot breeding material]. Itogi nauchno-issledovatel'skoj raboty agronomicheskogo fakul'teta: sbornik nauchnykh trudov, posvyashchennyj 90-letiyu so dnya obrazovaniya agronomicheskogo fakul'teta Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Results of the research work of the Faculty of Agronomy: collection of scientific papers dedicated to the 90<sup>th</sup> anniversary of the Faculty of Agronomy of Voronezh State Agrarian University]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2004:78-81. (In Russ.).

8. Ryabushkin Yu.B. Plodovodstvo, vinogradarstvo: kratkij kurs leksij [Fruit gardening, viticulture: A short course of lectures]. Saratov: Saratov State Agrarian University Press; 2014. 91 p. (In Russ.).

9. Samigullina N.S. Praktikum po seleksii i sortovedeniyu plodovykh i yagodnykh kul'tur: uchebnoe posobie [Workshop on breeding and varietal studies of fruit and berry crops: textbook]. Michurinsk: Michurinsk State Agrarian University Press; 2006. 193 p. (In Russ.).

10. Shcherbakova E.V. Osobennosti rosta i razvitiya seyantsev abrikosa [Features of growth and development of apricot seedlings]. Molodezh'. Nauka. Innovatsii: sbornik nauchnykh trudov po materialam Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh s mezhdunarodnym uchastiem (Yaroslavl', 16-17 marta 2022 g.) [Youth. Science. Innovations: a collection of scientific papers of the All-Russian Research-to-Practice Conference of students, postgraduates and young scientists with international participation (Yaroslavl, March 16-17, 2022)]. Yaroslavl: Yaroslavl State Agricultural Academy Press; 2022:50-54. (In Russ.).

11. Yakushkina N.I., Bakhtenko E.Yu. Fiziologiya rastenij: uchebnik [Plant physiology: textbook]. Moscow: Vlados Press; 2005. 463 p. (In Russ.).

#### Информация об авторах

Е.В. Щербакова – аспирант кафедры плодородства и овощеводства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», shher-elena@yandex.ru.

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

#### Information about the authors

E.V. Shcherbakova, Postgraduate Student, the Dept. of Fruit and Vegetable Growing, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, shher-elena@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 02.02.2023; одобрена после рецензирования 15.04.2023; принята к публикации 28.04.2023.

The article was submitted 02.02.2023; approved after reviewing 15.04.2023; accepted for publication 28.04.2023.

© Щербакова Е.В., Ноздрачева Р.Г., 2023

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

Научная статья

УДК 631.41 (470.32)

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2023\_2\_81

EDN: HXIJXK

**Влияние мелиорации фосфогипсом на экологическое состояние черноземов Каменной степи****Елена Владимировна Куликова<sup>1</sup>, Надежда Сергеевна Горбунова<sup>2✉</sup>, Юрий Алексеевич Куликов<sup>3</sup>**<sup>1</sup>Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия<sup>2</sup>Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия<sup>3</sup>ООО «ИнфоБиС», Саратов, Россия<sup>2</sup>vilian@list.ru✉

**Аннотация.** Представлены результаты исследования, проведенного с целью изучения влияния применения фосфогипса совместно с минеральными удобрениями на общие химические и физико-химические показатели черноземов обыкновенных Каменной степи. Анализируемые почвы фонового участка имеют нейтральную реакцию почвенного раствора, довольно высокое содержание органического вещества, их ППК насыщен катионами кальция и магния. При регулярной распашке черноземов обыкновенных, а также систематическом применении удобрений и фосфогипса происходит некоторая трансформация почвенных свойств. Почвенный раствор приобретает более кислую реакцию за счет сопутствующего действия вносимых минеральных удобрений. Фосфогипс также содержит в своем составе кислые компоненты, которые влияют на реакцию среды. Распашка способствует усилению процессов минерализации органического вещества, а ежегодный вынос питательных элементов с урожаем не в полной мере возмещается вносимыми минеральными удобрениями. Все это приводит к некоторым потерям органического вещества, уменьшению содержания гумуса. Применение фосфогипса совместно с минеральными удобрениями способно сдерживать деградационные процессы. Однако при использовании средств химизации без должного научного обоснования, особенно совместно с фосфогипсом, отмечается определенное увеличение содержания такого тяжелого металла, как кадмий, а также повышение степени его подвижности и доступности растениям, что не только негативно сказывается на урожайности, но и приводит к загрязнению почвенного покрова, его частичной или даже полной деградации. Поскольку практически все средства химизации содержат определенную долю примесей, в составе которых присутствуют радиоактивные изотопы, а также тяжелые металлы, необходимо проводить регулярные исследования по определению содержания вредных ингредиентов в почвах и растениях. Мониторинговые исследования направлены как на повышение качества производимой сельхозпродукции, так и на стабилизацию почвенного плодородия.

**Ключевые слова:** мелиорация, фосфогипс, кадмий, полевой опыт, удобрения, Каменная степь, черноземы, экологическое состояние

**Для цитирования:** Куликова Е.В., Горбунова Н.С., Куликов Ю.А. Влияние мелиорации фосфогипсом на экологическое состояние черноземов Каменной степи // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 2(77). С. 81–89. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_81](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_81)–89.

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

Original article

**Effect of reclamation with phosphogypsum on the ecological status of chernozem soils of the Kamennaya Steppe****Elena V. Kulikova<sup>1</sup>, Nadezhda S. Gorbunova<sup>2✉</sup>, Yuriy A. Kulikov<sup>3</sup>**<sup>1</sup>Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia<sup>2</sup>Voronezh State University, Voronezh, Russia<sup>3</sup>InfoBiS LLC, Saratov, Russia<sup>2</sup>vilian@list.ru✉

**Abstract.** The authors present the results of research conducted in order to study application of phosphogypsum in combination with mineral fertilizers on the general chemical and physico-chemical parameters of ordinary chernozems of the Kamennaya Steppe. The studied soils in the background plot have a neutral reaction of soil solution with a fairly high content of organic matter, and their soil adsorption complex is saturated with calcium and magnesium cations. Regular plowing of ordinary chernozems, as well as systematic use of fertilizers and phosphogypsum cause some transformations of soil properties. The soil solution acquires a more acidic reaction

due to the concomitant action of the applied mineral fertilizers. Phosphogypsum also contains acidic components in its composition, which affect the reaction of the medium. Plowing contributes to the strengthening of processes of mineralization of organic matter, and the annual removal of nutrients with harvest is not fully compensated by the applied mineral fertilizers. All this leads to the loss of organic matter and a decrease in the humus content. Application of phosphogypsum in combination with mineral fertilizers can restrain this degradation and stabilize the content of organic matter. However, the use of chemicalization agents without sufficient scientific rationale, especially together with phosphogypsum, can cause an increase in the content of such heavy metal as cadmium, as well as its increased mobility and availability for crops, which has a negative impact on the yield and causes soil contamination with its partial or even complete degradation. Since almost all chemicals contain a certain proportion of impurities, it is necessary to conduct regular studies to determine the content of harmful ingredients in soils and plants. Monitoring studies are aimed both at improving the quality of produced agricultural products and at stabilizing the soil fertility.

**Keywords:** land reclamation, phosphogypsum, heavy metals, field experiment, fertilizers, Kamennaya Steppe, chernozem soil, ecological status

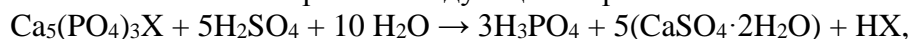
**For citation:** Kulikova E.V., Gorbunova N.S., Kulikov Yu.A. Effect of reclamation with phosphogypsum on the ecological status of chernozem soils of the Kamennaya Steppe. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(2):81-89. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_81-89](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_81-89).

## Введение

Сельскохозяйственные производители в настоящее время активно применяют различные средства химизации, в том числе и в мелиоративных целях, для улучшения почвенных условий выращивания различных культур, а также для увеличения объемов производимой продукции. Любые мелиоративные работы направлены на оптимизацию состава обменных катионов почв, в результате чего происходит не только улучшение условий для роста и развития растений, но и стабилизация почвенно-поглощающего комплекса, повышение его устойчивости ко многим неблагоприятным факторам.

Присутствие катиона натрия в ППК, наоборот, приводит не только к ухудшению физического и физико-химического состояния почв [8, 10], но и отрицательно влияет на рост и развитие растений [2]. Данное положение было научно обосновано еще К.К. Гедройцем [11, 12], а в дальнейшем было использовано в качестве доказательства эффективности применения различных мелиоративных мероприятий, в том числе внесения фосфогипса [3, 10] совместно с минеральными удобрениями [13].

Фосфогипс представляет собой побочный продукт, образующийся в процессе производства фосфорной кислоты при обработке апатита серной кислотой [14]. Данный процесс схематически можно выразить следующим образом:



где X представлен различными примесями, в состав которых могут входить F, Cl, Br, OH, радиоактивные изотопы, а также тяжелые металлы, в том числе и Cd.

Доля кадмия в фосфогипсе невысока (по данным О.В. Дубровиной, она не превышает 0,45 мг/кг [1]), но постоянное применение этого мелиоранта совместно с минеральными удобрениями способно нарушить экологическое равновесие черноземов обыкновенных [4, 6, 7, 9].

Кадмий очень часто является сопутствующим элементом органических и минеральных удобрений, входит в их состав в качестве примеси. При этом его вынос растениями [16] и миграция по профилю гораздо выше, чем внесение. Создается так называемый отрицательный баланс кадмия [4], поэтому загрязнения почвенного покрова данным элементом не происходит.

Цель исследования состояла в изучении влияния применения фосфогипса совместно с различными дозами минеральных удобрений на общие химические и физико-химические показатели черноземов обыкновенных, а также на валовое содержание и обменные соединения кадмия в них и в растениеводческой продукции, выращиваемой в исследуемом многофакторном полевом опыте. Для получения достоверных данных перечисленные показатели изучались и на фоновом участке, на котором отсутствует какая-либо антропогенная нагрузка.

### Место и методика исследований

Изучение влияния применения фосфогипса в качестве мелиоранта совместно с минеральными удобрениями на экологическое состояние черноземов проводили в 2017–2019 гг. в полевом опыте на территории Таловского района Воронежской области (Каменная степь).

Почвы представлены черноземом обыкновенным среднесильным среднегумусным тяжелосуглинистым на покровной карбонатной глине, реакция почвенного раствора – близкая к нейтральной.

Опыт заложен методом расщепленных делянок (расположение систематическое), повторность – четырехкратная.

Программу исследований выполняли в десятипольном севообороте, представленном следующими культурами: горох – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень – кукуруза – горох – тритикале – просо – ячмень – кукуруза.

Первым фактором опыта рассматривали эффективность внесения элементов минерального питания (суперфосфат двойной гранулированный, аммиачная селитра и 40% калийная соль) по вариантам: естественный уровень (удобрения не вносились), повышенный (в запас  $N_{200}P_{300}K_{300}$ ) и высокий (в запас  $N_{300}P_{600}K_{600}$ ).

Вторым фактором опыта рассматривали эффективность использования фосфогипса при разных уровнях удобрения севооборота. Схема сочетала два варианта – с внесением мелиоранта и без внесения. Внесение 3 т/га фосфогипса осуществляли 1 раз в ротацию севооборота [1].

Почвенные образцы отбирали буром методом «конверта» с глубины 0–20, 40–50 и 70–80 см и потенциометрическим методом определяли pH водной суспензии.

Также определяли:

а) в безкарбонатных образцах:

- гидролитическую кислотность – методом Каппена;

- содержание органического вещества с пересчетом его на гумус – методом И.В.

Тюрина в модификации В.Н. Симакова;

б) в некарбонатных и незасоленных почвах, а также в карбонатных почвах:

- содержание обменных катионов кальция, магния – методом Тюрина;

- обменный натрий – методом Антипова-Каратаева и Мамаевой.

Для определения валового содержания кадмия предварительно подготовленную почву озоляли в муфельной печи при температуре 505 °С. Далее прокаленную почву обрабатывали азотной кислотой ( $HNO_3$ ) в соотношении 1:1, содержимое колб кипятили в течение 10 минут. После охлаждения до комнатной температуры к содержимому колб приливали концентрированную (30%) перекись водорода ( $H_2O_2$ ) и вновь кипятили в течение 10 минут. Остывшее до комнатной температуры содержимое колб фильтровали через плотный фильтр (синяя лента). Полученный фильтрат помещали в мерную колбу вместимостью 50 мл и доливали до метки дистиллированную воду. Полученная вытяжка использовалась для определения валового содержания кадмия.

По мнению И.О. Плехановой, О.А. Золотаревой, И.Д. Тарасенко, А.С. Яковлева, валовое содержание тяжелых металлов не позволяет судить об экологическом статусе почвенного покрова, а также об их миграции в растительные организмы [5]. Для этого необходимы данные о подвижных соединениях, доступных для растений, поэтому обменные соединения кадмия определяли в вытяжке ацетатно-аммонийного буфера (ААБ, pH = 4,8) при соотношении почва : раствор, равном 1:10 [15].

Содержание Cd определяли в зерне тритикале (*Triticale*) – сорт Тальва 100, предварительно озолив растительный материал с помощью нагревания в муфельной печи до температуры 500 °С и обработав образец 2 мл этилового спирта ( $C_2H_5OH$ ). Для полного озоления использовали также концентрированную перекись водорода ( $H_2O_2$ ), которую постепенно по каплям добавляли в качестве дополнительного окислителя.

Количественное определение Cd в полученных вытяжках проводили на атомно-абсорбционном спектрометре Квант-З.ЭТА, чувствительность определения – 0,01 мкг/л, точность – 4%.

Вариационно-статистическую обработку данных проводили с использованием пакета программ STATISTICA 10 и Microsoft Excel.

### Результаты и их обсуждение

Черноземы обыкновенные фонового участка, которые не используются в сельскохозяйственном производстве, имеют близкую к нейтральной реакцию среды, рН составляет  $7,01 \pm 0,12$ . Вниз по профилю данный показатель увеличивается в сторону подщелачивания и достигает значения 8,15. Данное явление объясняется присутствием в почвенном растворе карбонатов почвообразующей породы. В верхнем горизонте отмечаются невысокие показатели гидролитической кислотности, которые не превышают  $0,25 \pm 0,09$  мг-экв/100 г почвы. Вниз по профилю водород гидролитической кислотности исчезает полностью, но появляются катионы натрия, максимальное содержание которых достигается в почвообразующей породе и составляет 0,1 мг-экв/100 г почвы. Источником поглощенного катиона натрия в образцах почвы исследуемой территории являются почвообразующие породы. В засушливые годы натрий поднимается довольно высоко и способен насыщать верхние горизонты черноземов.

Почвенно-поглощающий комплекс исследуемых черноземов насыщен катионами кальция до  $39,5 \pm 3,14$  мг-экв/100 г почвы, содержание обменного магния в исследуемых почвах достигает  $7,1 \pm 1,01$  мг-экв/100 г почвы, содержание гумуса в верхнем горизонте –  $6,89 \pm 1,14\%$ . Почвы диагностируются как среднегумусные, органическое вещество накапливается в верхнем гумусовом горизонте за счет огромной биомассы лугово-степной растительности, которая ежегодно поступает в биологический круговорот и накапливается в виде органического вещества черноземов. При распашке черноземов данный процесс нарушается, поскольку выращиваемая сельскохозяйственная продукция выносит питательные элементы с урожаем, при этом полноценного восстановления органического вещества не происходит. Усиленная минерализация органического вещества приводит к потере гумуса до уровня 5,4%, черноземы трансформируются в малогумусные. Вниз по почвенному профилю как на фоновом участке, так и на черноземах полевого опыта происходит постепенное снижение содержания гумуса до 0,1%. В почвообразующей породе органическое вещество исчезает практически полностью.

Черноземы обыкновенные полевого опыта по сравнению с фоновым участком имеют более кислые показатели рН водной суспензии ( $6,0 \pm 0,9$ ). Процессы подкисления черноземов обыкновенных в результате применения удобрений описывают в своих работах О.В. Дубровина, Ю.И. Чевердин, И.Ф. Поротиков [1, 13].

На вариантах опыта, где вносился фосфогипс, отмечается нейтральная реакция почвенного раствора (табл. 1). Фосфогипс в своем составе содержит кислые компоненты, обусловленные присутствием серы, вследствие чего происходит подкисление почвенного раствора. В данном опыте такое явление не отмечается, поскольку сера является необходимым элементом для роста и развития растений, а в условиях интенсивного применения минеральных удобрений отмечается еще большее потребление и других почвенных компонентов, в том числе и серы. Вниз по профилю всех вариантов опыта происходит подщелачивание  $pH_{\text{водн}}$ , вследствие влияния карбонатов почвенного раствора (табл. 1). Гидролитическая кислотность является рН-зависимой величиной и присутствует только в слое черноземов 0–20 см на вариантах без внесения фосфогипса. Максимальное значение гидролитической кислотности составляет  $0,35 \pm 0,09$  мг-экв/100 г почвы.



Таблица 1. Значение pH водной суспензии в черноземах обыкновенных Каменной степи в условиях полевого опыта (среднее за 3 года)

Уровень обеспеченности почв элементами питания	Варианты опыта	Слой почвы					
		0–20 см		40–50 см		70–80 см	
		$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$					
		I	II	I	II	I	II
Естественный	Контроль	6,0 ± 0,19	7,2 ± 0,17	7,3 ± 0,11	7,4 ± 0,07	7,6 ± 0,18	7,7 ± 0,13
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	7,1 ± 0,11	7,3 ± 0,15	7,4 ± 0,09	7,5 ± 0,09	7,7 ± 0,11	7,7 ± 0,14
Повышенный	Контроль	7,1 ± 0,13	7,3 ± 0,11	7,4 ± 0,12	7,5 ± 0,11	7,6 ± 0,12	7,8 ± 0,15
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	7,2 ± 0,17	7,3 ± 0,20	7,5 ± 0,14	7,5 ± 0,15	7,8 ± 0,09	7,9 ± 0,14
Высокий	Контроль	7,2 ± 0,21	7,4 ± 0,13	7,6 ± 0,17	7,7 ± 0,13	7,9 ± 0,11	8,1 ± 0,11
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	7,2 ± 0,17	7,5 ± 0,14	7,6 ± 0,16	7,7 ± 0,14	7,7 ± 0,17	8,0 ± 0,12
НСР <sub>05</sub>		0,16		0,13		0,09	

Примечание: здесь и далее в таблицах варианты I и II – соответственно без применения и с применением фосфогипса;  $\bar{x}$  – среднее арифметическое, мг/кг;  $s_{\bar{x}}$  – ошибка среднего арифметического.

Интенсивное использование черноземов при выращивании различных сельскохозяйственных культур приводит к усиленной минерализации органического вещества и потере содержания гумуса. Так, в условиях полевого опыта без внесения минеральных удобрений и мелиоранта содержание гумуса падает до  $5,4 \pm 0,11\%$  (табл. 2). Вместе с тем применение различных доз минеральных удобрений сдерживает описанный процесс и способствует стабилизации органического вещества. Содержание гумуса сохраняется в среднем на уровне  $6,7\%$ . Внесение фосфогипса не оказывает влияния как на процессы накопления, так и на процессы минерализации органического вещества. Вниз по профилю черноземов происходит постепенное снижение количества гумуса, в почвообразующей породе отмечается его минимальное содержание на уровне  $0,05\%$ .

Таблица 2. Содержание гумуса в почве Каменной степи в условиях полевого опыта (среднее за 3 года), %

Уровень обеспеченности почв элементами питания	Варианты опыта	Слой почвы					
		0–20 см		40–50 см		70–80 см	
		$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$					
		I	II	I	II	I	II
Естественный	Контроль	5,4 ± 0,11	5,5 ± 0,14	4,2 ± 0,12	4,2 ± 0,11	1,4 ± 0,09	1,4 ± 0,12
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	5,8 ± 0,09	5,8 ± 0,15	4,2 ± 0,18	4,3 ± 0,13	1,5 ± 0,10	1,6 ± 0,11
Повышенный	Контроль	6,1 ± 0,07	6,2 ± 0,21	4,7 ± 0,16	4,7 ± 0,14	1,6 ± 0,11	1,7 ± 0,09
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	6,6 ± 0,09	6,6 ± 0,18	4,7 ± 0,17	4,8 ± 0,09	1,7 ± 0,09	1,7 ± 0,08
Высокий	Контроль	6,0 ± 0,10	6,0 ± 0,19	5,0 ± 0,09	5,0 ± 0,08	1,8 ± 0,10	1,8 ± 0,09
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	6,7 ± 0,11	6,7 ± 0,17	5,1 ± 0,10	5,1 ± 0,10	1,9 ± 0,12	1,9 ± 0,11
НСР <sub>05</sub>		0,21		0,19		0,20	

Обменные катионы Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup> входят в состав почвенно-поглощающего комплекса, образованного преимущественно коллоидами органо-минерального типа, особенно катион Ca<sup>2+</sup>. Вследствие этого их максимальное содержание отмечается на вариантах опыта с наиболее высоким содержанием гумуса (табл. 3).

Таблица 3. Содержание обменных катионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  в почве Каменной степи в условиях полевого опыта (среднее за 3 года), мг-экв/100 г почвы

Уровень обеспеченности почв элементами питания	Варианты опыта	Слой почвы					
		0–20 см		40–50 см		70–80 см	
		$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$					
		I	II	I	II	I	II
Естественный	Контроль	37,9/6,9	38,2/6,9	30,4/6,0	30,5/6,4	24,2/5,9	24,6/5,9
	$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{40}$	38,0/7,2	39,0/7,3	31,2/6,1	31,0/6,5	24,4/6,4	24,9/6,5
Повышенный	Контроль	38,5/7,2	39,5/7,3	32,4/6,0	31,8/6,2	26,4/6,3	28,0/6,4
	$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{40}$	38,5/7,3	39,4/7,0	32,4/6,1	31,9/6,3	27,0/6,5	28,4/6,7
Высокий	Контроль	39,7/7,7	39,6/7,5	33,5/6,2	33,3/6,4	28,8/6,9	29,0/6,8
	$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{40}$	39,8/7,6	39,8/7,6	34,7/6,2	33,6/6,4	28,8/6,9	28,9/6,9
НСР <sub>05</sub>		0,30		0,24		0,21	

Примечание: числитель –  $\text{Ca}^{2+}$ , знаменатель –  $\text{Mg}^{2+}$ .

Вслед за уменьшением содержания органического вещества вниз по почвенному профилю происходит снижение и данных катионов. Что касается обменного  $\text{Na}^+$ , то этот катион ведет себя иначе и не подчиняется указанной зависимости. Он довольно равномерно распределен по почвенному профилю на уровне 0,05–0,07 мг-экв/100 г почвы, но обнаруживаться начинает ниже глубины 70 см, на вариантах опыта без применения мелиоранта. Таким образом, внесение фосфогипса действительно способствует вытеснению обменного  $\text{Na}^+$  из почвенно-поглощающего комплекса.

Внесение мелиоранта улучшает состояние ППК, а научно обоснованное внесение минеральных удобрений препятствует процессам минерализации органического вещества. Все это способствует поддержанию естественного экологического баланса в почвенных процессах и сохранению плодородия исследуемых почв. Валовое содержание Cd в верхнем 0–20 см слое не превышает  $0,45 \pm 0,03$  мг/кг (табл. 4).

Таблица 4. Валовое содержание и обменные соединения Cd в почве Каменной степи по вариантам опыта (среднее за 3 года), глубина 0–20 см, мг/кг

Уровни обеспеченности почвы элементами питания	Варианты опыта	Валовое содержание		Обменные соединения	
		$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$			
		I	II	I	II
Естественный	Контроль	$0,30 \pm 0,07$	$0,41 \pm 0,14$	$0,06 \pm 0,02$	$0,10 \pm 0,04$
	$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{40}$	$0,25 \pm 0,07$	$0,45 \pm 0,03$	$0,07 \pm 0,03$	$0,08 \pm 0,03$
Повышенный	Контроль	$0,30 \pm 0,06$	$0,34 \pm 0,09$	$0,09 \pm 0,02$	$0,16 \pm 0,01$
	$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{40}$	$0,28 \pm 0,08$	$0,29 \pm 0,07$	$0,13 \pm 0,04$	$0,18 \pm 0,01$
Высокий	Контроль	$0,30 \pm 0,09$	$0,36 \pm 0,09$	$0,11 \pm 0,05$	$0,13 \pm 0,05$
	$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{40}$	$0,28 \pm 0,10$	$0,28 \pm 0,05$	$0,13 \pm 0,06$	$0,14 \pm 0,06$
НСР <sub>05</sub>		0,16		0,03	

Следует отметить, что внесение фосфогипса достоверно увеличивает содержание кадмия в почвенном покрове, причем явление наблюдается при естественном уровне обеспеченности элементами минерального питания. Что касается повышенного и высокого фонов, то валовое содержание металла не превышает  $0,36 \pm 0,09$  мг/кг. Это объясняется тем, что при данном уровне удобрённости растения наиболее интенсивно потребляют элементы минерального питания, в том числе и незначительные дозы Cd. Предположение подтверждается результатами, полученными при исследовании зерна тритикале, выращиваемой на данном варианте опыта. Согласно данным таблицы 5, наибольшее количество Cd содержится в зерне при высоком уровне удобрённости.

Количество обменных соединений кадмия мало и незначительно изменяется в пределах опыта, но тенденция его накопления на вариантах опыта при совместном вне-

сении удобрений и мелиоранта сохраняется (табл. 4). Следует также отметить, что внесение удобрений и фосфогипса способствуют увеличению степени подвижности Cd, что делает его более доступным растениям и способным мигрировать в сопредельные среды.

Согласно полученным данным, валовое содержание кадмия в почвах опытного участка не превышает ПДК = 1 мг/кг. Количество обменных соединений элемента в черноземе обыкновенном не превышает верхнего значения ПДК = 0,5 мг/кг, но в условиях повышенного и высокого уровня обеспеченности почв элементами питания оно достигает  $0,18 \pm 0,01$  мг/кг, что выше нижнего уровня ПДК = 0,1 мг/кг [5].

Концентрация кадмия в зерне исследуемых образцов колеблется от  $0,1 \pm 0,04$  до  $0,42 \pm 0,03$  мг/кг сухого вещества. На содержание Cd в зерне растениеводческой продукции оказывают влияние условия выращивания. Так, при внесении фосфогипса происходит накопление Cd в зерне, это вызвано интенсивным поступлением металла в растительные организмы вследствие возрастания подвижности Cd с 17,1% на варианте естественного уровня обеспеченности до 51,1% на вариантах совместного использования удобрений и мелиоранта.

**Таблица 5. Содержание Cd в зерне тритикале в условиях полевого опыта в Каменной степи, мг/кг сухого вещества**

Уровни обеспеченности почвы элементами питания	Варианты опыта	Содержание Cd	
		I	II
Естественный	Контроль	$0,10 \pm 0,04$	$0,24 \pm 0,02$
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	$0,19 \pm 0,05$	$0,14 \pm 0,02$
Повышенный	Контроль	$0,27 \pm 0,03$	$0,34 \pm 0,03$
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	$0,31 \pm 0,02$	$0,27 \pm 0,02$
Высокий	Контроль	$0,34 \pm 0,06$	$0,42 \pm 0,03$
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	$0,39 \pm 0,06$	$0,35 \pm 0,03$

ПДК содержания Cd в растениеводческой продукции составляют 0,2–0,8 мг/кг. В зерне тритикале в условиях повышенного и высокого уровня обеспеченности почв элементами минерального питания содержится от 0,27 до 0,42 мг/кг Cd, что превышает нижний предел ПДК. Кроме того, следует отметить, что доступность Cd растительным организмам значительно выше, чем его переход в вытяжку ацетатно-аммонийного буфера [17].

### Выводы

Исследуемые черноземы обыкновенные фонового участка имеют нейтральную реакцию почвенного раствора, довольно высокое содержание органического вещества, их почвенно-поглощающий комплекс насыщен катионами кальция и магния. В нижней части почвенного профиля обнаруживаются катионы натрия в незначительном количестве. При регулярной распашке данных почв, а также систематическом применении удобрений и фосфогипса происходит некоторая трансформация почвенных свойств.

Черноземы опытного участка имеют более кислую реакцию почвенного раствора в верхних горизонтах за счет сопутствующего действия вносимых минеральных удобрений. Кроме того, фосфогипс в своем составе также содержит кислые компоненты, которые влияют на реакцию среды.

Распашка способствует усилению процессов минерализации органического вещества, а ежегодный вынос питательных элементов с урожаем сельскохозяйственных культур не в полной мере возмещается вносимыми минеральными удобрениями. Все это приводит к некоторым потерям органического вещества и уменьшению процентного содержания гумуса. Как следствие, черноземы трансформируются в малогумусные.

Применение фосфогипса совместно с минеральными удобрениями способно сдерживать деградационные процессы и стабилизировать содержание органического вещества. В составе обменных катионов преобладает катион кальция.

При использовании средств химизации без должного научного обоснования, особенно совместно с фосфогипсом, отмечается определенное увеличение содержания такого тяжелого металла, как кадмий, а также повышение степени его подвижности и

доступности растениям, что не только негативно сказывается на урожайности, но и приводит к загрязнению почвенного покрова, его частичной или даже полной деградации. Поскольку практически все средства химизации содержат определенную долю примесей, в составе которых присутствуют радиоактивные изотопы, а также тяжелые металлы, то необходимо проводить регулярные исследования по определению содержания вредных ингредиентов в почвах и растениях.

Мониторинговые исследования направлены как на повышение качества производимой сельхозпродукции, так и на стабилизацию почвенного плодородия.

#### Список источников

1. Дубровина О.В. Влияние удобрений и фосфогипса на урожайность, качество зерна кукурузы и плодородие чернозема обыкновенного в условиях юго-востока ЦЧЗ: автореферат дис. ... канд. с.-х. наук. Каменная степь, 2004. 16 с.
2. Еремченко О.З., Четина О.А. Влияние NaCl-засоления на содержание катионов Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> в листьях злаков при разной реакции почвенной среды [Электронный ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. 2022. № 1(49). Порядковый номер: 7. URL: [http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/1/st\\_107.pdf](http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/1/st_107.pdf).
3. Конарбаева Г.А., Якименко В.Н. Влияние внесения фосфогипса и фосфорных удобрений на фонд фтора в агроценозах лесостепи западной Сибири // Плодородие. 2021. № 5(122). С. 109–112. DOI: 10.25680/S19948603.2021.122.27.
4. Лукин С.В., Селюкова С.В. Экологическая оценка содержания кадмия в почвах и сельскохозяйственных растениях юго-западной части Центрально-Черноземных областей России // Почвоведение. 2018. №10-Приложение. С. S3–S9. DOI: 10.1134/S0032180X18120079.
5. Плеханова И.О., Золотарева О.А. Экологическое нормирование состояния почв, загрязненных тяжелыми металлами // Агрохимия. 2020. № 10. С. 79–88. DOI: 10.31857/S0002188120100099.
6. Пугаев С.В., Прокина Л.Н. Влияние длительного применения средств химизации на содержание фракций Cd, Pb, Cu и Zn в слоях чернозема выщелоченного тяжелосуглинистого // Агрохимия. 2022. № 5. С. 47–55. DOI: 10.31857/S0002188122050076.
7. Романенко А.А., Баршадская С.И., Гукалов В.В. и др. Агроэкологическая оценка плодородия обыкновенных черноземов [Электронный ресурс] // АгроЭкоИнфо. Электронный научно-производственный журнал. 2022. № 2(50). Порядковый номер: 14. URL: [http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/2/st\\_220.pdf](http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/2/st_220.pdf).
8. Савич В.И., Седых В.А., Сорокин А.Е. и др. Агроэкологическая оценка засоления почв [Электронный ресурс] // АгроЭкоИнфо. Электронный научно-производственный журнал. 2022. № 2(50). Порядковый номер: 2. URL: [http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/2/st\\_206.pdf](http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/2/st_206.pdf).
9. Сычев В.Г. Влияние длительного применения минеральных и органических удобрений на основные показатели различных типов почв // Плодородие. 2021. № 4(121). С. 3–5. DOI: 10.25680/S19948603.2021.121.01.
10. Сычев В.Г., Гречишкина Ю.И., Егоров В.П., Матвиенко А.В. Проблемы гипсования солонцовых почв в Ставропольском крае // Плодородие. 2021. № 5(122). С. 37–43. DOI: 10.25680/S19948603.2021.122.10.
11. Сычев В.Г., Шафран С.А. К.К. Гедройц – выдающийся ученый почвовед и агрохимик // Плодородие. 2022. № 2(125). С. 74–75. DOI: 10.25680/S19948603.2022.125.18.
12. Торшин С.П., Лапушкин В.М. Создатель учения о поглотительной способности почв (к 150-летию со дня рождения К.К. Гедройца) // Агрохимический вестник. 2022. № 2. С. 78–80. DOI: 10.24412/1029-2551-2022-2-015.
13. Чевердин Ю.И., Поротиков И.Ф. Изменение реакции среды чернозема обыкновенного под влиянием возрастающих доз минеральных удобрений // Агрохимия. 2021. № 8. С. 17–26. DOI: 10.31857/S0002188121080068.
14. Чевычелов А.П., Захарова О.Г. Фосфатное сырье Якутии и возможности его использования в качестве удобрений и мелиорантов // Агрохимический вестник. 2021. № 5. С. 80–83. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-5-014.
15. Minkina T.M., Mandzhieva S.S., Burachevskaya M.V. et al. Method of determining loosely bound compounds of heavy metals in the soil // MethodsX. 2018. Vol. 5. Pp. 217–226. DOI: 10.1016/j.mex.2018.02.007.
16. Neaman A., Robinson B., Minkina T.M. et al. Feasibility of metal(loid) phytoextraction from polluted soils: the need for greater scrutiny // Environmental Toxicology and Chemistry. 2020. Vol. 8(39). Pp. 1469–1471. DOI: 10.1002/etc.4787.
17. Vodyanitskii Y., Minkina T., Bauer T. Method for calculation the selectivity of reagents extracting heavy metals mobile compounds from soil // Applied Geochemistry. 2020. Vol. 116. Pp. 104570. DOI: 10.1016/j.apgeochem.2020.104570.

#### References

1. Dubrovina O.V. Vliyanie udobrenij i fosfogipsa na urozhajnost', kachestvo zerna kukuruzy i plodorodie chernozema obyknovennogo v usloviyakh yugo-vostoka CChZ [Effect of fertilizers and phosphogypsum on the yield, quality of corn grain and the fertility of ordinary chernozem in the conditions of the southeast of the Central Chernozem Zone]: avtoreferat dissertatsii ... kandidata sel'skokhozyajstvennykh nauk = Abstract of Candidate Dissertation in Agricultural Sciences. Kamennaya step; 2004. 16 p. (In Russ.).

2. Eremchenko O.Z., Chetina O.A. Vliyanie NaCl-zasoleniya na sodержanie kationov Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> v list'yakh zlakov pri raznoy reaktivnosti pochvennoy sredy [Effect of NaCl salinization on Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> cations in cereal leaves in different soil reactions]. *AgroEcolInfo. Elektronnyy nauchno-proizvodstvennyy zhurnal = AgroEcolInfo. Electronic Research and Production Journal*. 2022;1(49):7. URL: [http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/1/st\\_107.pdf](http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/1/st_107.pdf). (In Russ.).
3. Konarbaeva G.A., Yakimenko V.N. Vliyanie vneseniya fosfogipsa i fosfornykh udobreniy na fond ftora v agrotsenozakh lesostepi zapadnoj Sibiri [Influence of application of phosphogypse and phosphoric fertilizers on the foundation of fluorine fund in agrocenoses of the forest-steppe of Western Siberia]. *Plodorodie = Plodorodie*. 2021;5(122):109-112. DOI: 10.25680/S19948603.2021.122.27. (In Russ.).
4. Lukin S.V., Selyukova S.V. Ekologicheskaya otsenka sodержaniya kadmiya v pochvakh i sel'skokhozyajstvennykh rasteniyakh yugo-zapadnoj chasti Central'no-Chernozemnykh oblastej Rossii [Ecological assessment of the content of cadmium in soils and crops in southwestern regions of the Central Chernozem Zone of Russia]. *Pochvovedenie = Eurasian Soil Science*. 2018;10:S3-S9. DOI: 10.1134/S0032180X18120079. (In Russ.).
5. Plekhanova I.O., Zolotareva O.A. Ekologicheskoe normirovanie sostoyaniya pochv, zagryaznennykh tyazhelymi metallami [Ecological regulation of the state of soils contaminated with heavy metals]. *Agrokimiya = Agricultural Chemistry*. 2020;10:79-88. DOI: 10.31857/S0002188120100099. (In Russ.).
6. Pugaev S.V., Prokina L.N. Vliyanie dlitel'nogo primeneniya sredstv khimizatsii na sodержanie fraktsij Cd, Pb, Cu i Zn v sloyakh chernozema vyshhelochennogo tyazhelosuglinistogo [Effect of prolonged use of chemicalization agents on the content of Cd, Pb, Cu and Zn fractions in layers of leached heavy loamy chernozem]. *Agrokimiya = Agricultural Chemistry*. 2022;5:47-55. DOI: 10.31857/S0002188122050076. (In Russ.).
7. Romanenko A.A., Barshadskaya S.I., Gukalov V.V. et al. Agroekologicheskaya otsenka plodorodiya obyknovennykh chernozemov [Agroecological assessment of fertility of ordinary chernozems]. *AgroEcolInfo. Elektronnyy nauchno-proizvodstvennyy zhurnal = AgroEcolInfo. Electronic Research and Production Journal*. 2022;2(50):14. URL: [http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/2/st\\_220.pdf](http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/2/st_220.pdf). (In Russ.).
8. Savich V.I., Sedykh V.A., Sorokin A.E. et al. Agroekologicheskaya otsenka zasoleniya pochv [Agroecological assessment of soil salinity]. *AgroEcolInfo. Elektronnyy nauchno-proizvodstvennyy zhurnal = AgroEcolInfo. Electronic Research and Production Journal*. 2022;2(50):2. URL: [http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/2/st\\_206.pdf](http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/2/st_206.pdf). (In Russ.).
9. Sychev V.G. Vliyanie dlitel'nogo primeneniya mineral'nykh i organicheskikh udobreniy na osnovnye pokazateli razlichnykh tipov pochv [Effects of long-term use of mineral and organic fertilizers on key indicators of different types of soils]. *Plodorodie = Plodorodie*. 2021;4(121):3-5. DOI: 10.25680/S19948603.2021.121.01. (In Russ.).
10. Sychev V.G., Grechishkina Yu.I., Egorov V.P., Matvienko A.V. Problemy gipsovaniya solontsovykh pochv v Stavropol'skom krae [Problems of gypsum formation of saline soils in Stavropol Territory]. *Plodorodie = Plodorodie*. 2021;5(122):37-43. DOI: 10.25680/S19948603.2021.122.10. (In Russ.).
11. Sychev V.G., Shafran S.A. K.K. Gedrojts – vydayushchiysya uchenyj pochvoved i agrokhimik [K.K. Gedrojts is an outstanding researcher in soil science and agrochemistry]. *Plodorodie = Plodorodie*. 2022;2(125):74-75. DOI: 10.25680/S19948603.2022.125.18.
12. Torshin S.P., Lapushkin V.M. Sozdatel' ucheniya o poglotitel'noj sposobnosti pochv (k 150-letiyu so dnya rozhdeniya K.K. Gedrojtsa) [Creator of the doctrine of the absorptive capacity of soils (on the 150<sup>th</sup> anniversary of birth of K.K. Gedrojts)]. *Agrokhimicheskij vestnik = Agrochemical Bulletin*. 2022;2:78-80. DOI: 10.24412/1029-2551-2022-2-015. (In Russ.).
13. Cheverdin Yu.I., Porotikov I.F. Izmenenie reaktivnosti sredy chernozema obyknovennogo pod vliyaniem vozrastayushchikh doz mineral'nykh udobreniy [Changes in the reaction of the medium ordinary chernozem under the influence of increasing doses of mineral fertilizers]. *Agrokimiya = Agricultural Chemistry*. 2021;8:17-26. DOI: 10.31857/S0002188121080068. (In Russ.).
14. Chevychelov A.P., Zakharova O.G. Fosfatnoe syr'e Yakutii i vozmozhnosti ego ispol'zovaniya v kachestve udobreniy i meliorantov [Phosphate raw materials of Yakutia and possibility of its use as fertilizers and ameliorants]. *Agrokhimicheskij vestnik = Agrochemical Bulletin*. 2021;5:80-83. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-5-014. (In Russ.).
15. Minkina T.M., Mandzhieva S.S., Burachevskaya M.V. et al. Method of determining loosely bound compounds of heavy metals in the soil. *MethodsX*. 2018;5:217-226. DOI: 10.1016/j.mex.2018.02.007.
16. Neaman A., Robinson B., Minkina T.M. et al. Feasibility of metal(loid) phytoextraction from polluted soils: the need for greater scrutiny. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2020;8(39):1469-1471. DOI: 10.1002/etc.4787.
17. Vodyanitskii Y., Minkina T., Bauer T. Method for calculation the selectivity of reagents extracting heavy metals mobile compounds from soil. *Applied Geochemistry*. 2020;116:104570. DOI: 10.1016/j.apgeochem.2020.104570.

#### Информация об авторах

Е.В. Куликова – кандидат биологических наук, доцент кафедры мелиорации, водоснабжения и геодезии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [melior-agronomy@inbox.ru](mailto:melior-agronomy@inbox.ru).

Н.С. Горбунова – кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и земельных ресурсов ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», [vilian@list.ru](mailto:vilian@list.ru).

Ю.А. Куликов – консультант, ООО «ИнфоБиС», [juriy.kulikov@yandex.ru](mailto:juriy.kulikov@yandex.ru).

#### Information about the authors

E.V. Kulikova, Candidate of Biological Sciences, Docent, the Dept. of Land Reclamation, Water Supply and Geodesy, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [melior-agronomy@inbox.ru](mailto:melior-agronomy@inbox.ru).

N.S. Gorbunova, Candidate of Biological Sciences, Docent, the Dept. of Ecology and Land Resources, Voronezh State University, [vilian@list.ru](mailto:vilian@list.ru).

Yu.A. Kulikov, Consultant, InfoBiS LLC, [juriy.kulikov@yandex.ru](mailto:juriy.kulikov@yandex.ru).

Статья поступила в редакцию 12.05.2023; одобрена после рецензирования 16.06.2023; принята к публикации 20.06.2023.

The article was submitted 12.05.2023; approved after reviewing 16.06.2023; accepted for publication 20.06.2023.

© Куликова Е.В., Горбунова Н.С., Куликов Ю.А., 2023

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

Научная статья

УДК 630.266

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2023\_2\_90

EDN: JFREAU

### Совершенствование системы противозерозионных мероприятий в аграрных предприятиях Центрально-Черноземного региона

Елена Владимировна Недикова<sup>1✉</sup>, Елена Владимировна Куликова<sup>2</sup>,  
Константин Дмитриевич Недиков<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,  
Воронеж, Россия

<sup>1</sup>nedicova@yandex.ru✉

**Аннотация.** Эрозия является основным экзогенным рельефообразующим процессом, во многом определяющим развитие рельефа на значительной территории. Данный геологический фактор в значительной степени обуславливает эколого-геоморфологическую обстановку при хозяйственном освоении территории. Под воздействием эрозии происходит смыв гумусового горизонта, истощаются запасы энергии и питательных веществ в почве. Считается, что склоновые земли особенно восприимчивы к нерациональному использованию: при нарушении технологических требований на пахотных землях с крутизной более 1° (иногда даже 0,5°) уже начинаются эрозионные процессы. Особо следует отметить, что одной из главных причин развития эрозии почв является применение на склоновых землях такой же агротехники возделывания сельскохозяйственных культур, как на равнинах. В Центрально-Черноземном регионе, и в Воронежской области в особенности, главной причиной деградации пашни является эрозия, которая усиливается на фоне неадаптивной аграрной деятельности. Главная роль в деле предотвращения эрозии отводится противозерозионной организации территории, в процессе которой создаются условия для формирования почвозащитного ведения адаптивного земледелия. Представлен современный подход к формированию адаптивных севооборотов на основе классов потенциальной эрозионной опасности пахотных земель от стока талых вод и ливневых дождей, особенностью которого является создание надежной расчетной базы для оптимального проектирования системы дифференцированного использования в системе севооборотов с учетом степени эрозионной опасности. Для адекватного контурного устройства пахотных склонов необходимо определить место размещения водорегулирующей лесной полосы или лесогидромелиоративного звена, используя расчет критических скоростей формирования эрозии. Совершенствование расчетных методик проектирования противозерозионных мероприятий позволит создать надежную цифровую платформу для защиты земель, рационального и экономически эффективного ведения адаптивного земледелия.

**Ключевые слова:** деградация, эрозия, лесные полосы, плодородие почвы, пахотные угодья, системы земледелия и землеустройства

**Для цитирования:** Недикова Е.В., Куликова Е.В., Недиков К.Д. Совершенствование системы противозерозионных мероприятий в аграрных предприятиях Центрально-Черноземного региона // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 2(77). С. 90–97. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_90-97](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_90-97).

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

Original article

### Improvement of the system of anti-erosion measures in agricultural enterprises of the Central Chernozem Region

Elena V. Nedikova<sup>1</sup>, Elena V. Kulikova<sup>2</sup>, Konstantin D. Nedikov<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

<sup>1</sup>nedicova@yandex.ru✉

**Abstract.** Erosion is the main exogenous relief-forming process that largely determines the development of relief over a vast area. This geological process determines the ecological and geomorphological situation during the economic development of the territory. As a result of erosion processes, the humus horizon is being washed away, and the reserves of energy and nutrients in the soil are depleted. It is believed that sloping lands are particularly susceptible to irrational use: if technological requirements are violated, erosion processes already

begin on arable lands with the steepness of more than  $1^\circ$  (sometimes even  $0.5^\circ$ ). It should be particularly noted that one of the main reasons for the development of soil erosion is the use of the same agricultural techniques for cultivating crops on sloping lands as in flat areas. In the Central Chernozem Region and in Voronezh Oblast in particular, the main cause of degradation of arable land is erosion, which increases against the background of maladaptive agricultural activity. The main role in preventing erosion is assigned to the anti-erosion organization of the territory, during which conditions are created for the formation of soil-protective management of adaptive agriculture. The authors present a modern approach to the formation of adaptive crop rotations based on classes of potential erosion hazard of arable land from meltwater runoff and heavy rains. Its feature is the creation of a reliable calculation base for optimal design of a system of differentiated use in the crop rotation system, taking into account the degree of erosion hazard. For an adequate contour arrangement of arable slopes, it is necessary to determine the location of a water-regulating forest strip or a forest hydro-reclamation link using the calculation of critical erosion formation rates. The improvement of computational methods for the design of anti-erosion measures will create a reliable digital platform for the protection of land from erosion, rational and cost-effective management of adaptive agriculture.

**Keywords:** degradation, erosion, forest strips, soil fertility, arable land, farming and land management systems

**For citation:** Nedikova E.V., Kulikova E.V., Nedikov K.D. Improvement of the system of anti-erosion measures in agricultural enterprises of the Central Chernozem Region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(2):90-97. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_90-97](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_90-97).

**Д**еградация почв – распространенное явление не только в мире, но и в России. Большая часть порожденных вмешательством человека воздействий (в том числе сельскохозяйственная деятельность, иные виды землепользования, рекреационная активность и др.) снижает качество почв, прямо или косвенно вызывая те или иные деградиционные процессы. Деградация почв приводит к потере почвенного плодородия, уменьшению запасов гумуса и содержания других питательных веществ (азота, калия, фосфора, микроэлементов), увеличению кислотности, засолению, разрушению и утрате верхнего плодородного слоя в результате водной и/или ветровой эрозии. Проблемы, инициированные деградацией почв, зачастую являются следствием несоблюдения технологий возделывания сельскохозяйственных культур, обеспечивающих сохранение и улучшение почвенного плодородия. Среди причин, вызывающих деградацию почв, следует отметить несоблюдение систем севооборотов в земледелии, хищническое отношение к земле и агрономическую неграмотность. Обычно выделяют физическую деградацию (эрозия, запечатывание, уплотнение и др.) и химическую (засоление, химическое загрязнение).

Эрозия является основным экзогенным рельефообразующим процессом, во многом регулирующим и определяющим развитие рельефа на значительных по площадям территориях. Данный геологический фактор в значительной степени обуславливает эколого-геоморфологическую обстановку при ведении хозяйственной деятельности [6, 15, 16]. В результате эрозионных процессов происходит смыв гумусового горизонта, истощаются запасы энергии и питательных веществ в почве.

Толчком к развитию водной эрозии почв на сельскохозяйственных угодьях являются нарушения устойчивого водного режима в процессе эксплуатации земли [7, 17, 18]. Водная эрозия вызывается поверхностными потоками талых, дождевых и ливневых вод. В России водной эрозии подвержено более половины сельхозугодий, так как они расположены на склонах различной крутизны. Считается, что склоновые земли наиболее восприимчивы к нерациональному и бесхозяйственному использованию, так как при нарушении технологических требований на пахотных землях с крутизной более  $1^\circ$  (иногда даже  $0,5^\circ$ ) уже начинаются эрозионные процессы.

Особо следует отметить, что одной из главных причин развития эрозии почв является применение на склоновых землях такой же агротехники возделывания сельскохозяйственных культур, как и на равнинах. В результате смыва почвы происходит значительная потеря основных элементов питания, гумуса, резко ухудшается структура и, как результат, снижается плодородие почвенного покрова.

В Центрально-Черноземном регионе, и в Воронежской области в особенности, главной причиной деградации пашни является эрозия, которая усиливается на фоне неадаптивной аграрной деятельности. Под действием совокупности природных и антропогенных факторов разрушается территориальная основа сельскохозяйственного производства. В настоящее время тенденция ухудшения состояния пахотных земель сохраняется.

Для ликвидации деградационных процессов требуется осуществлять комплекс организационно-хозяйственных агротехнических, мелиоративных и гидротехнических мероприятий. Особую роль играют организационно-хозяйственные мероприятия и противоэрозионная организация территории.

Первоочередной задачей противоэрозионной организации пашни является адаптация системы земледелия к конкретным особенностям той или иной территории, формирование оптимального организационно-территориального комплекса мероприятий, выбор противоэрозионных земледельческих агротехнологий с целью сохранения и воспроизводства плодородия почв. Противоэрозионная организация и земледелие изначально направлены на снижение и устранение причин деградации, сохранение и воспроизводство утраченных угодий. Почвозащитный землеустроительный комплекс представляет систему организационных, агротехнических, агрохимических, лесомелиоративных и гидротехнических противоэрозионных приемов и мероприятий, которая должна стать начальным этапом обустройства пашни для ведения адаптивного земледелия.

Организация севооборотов предусматривает решение комплекса задач по ведению рентабельного земледелия и рационального использования пашни с учетом биологических особенностей сельскохозяйственных культур и природно-климатических условий. Севооборот как научно обоснованное чередование посевов сельскохозяйственных культур и паров по формируемым полям (рабочим участкам) в течение определенного периода времени лежит в основе современных зональных агроландшафтных систем земледелия и определяет большинство остальных систем сельскохозяйственного производства (обработки почвы, удобрения, защиты растений, семеноводства и сортомены, орошения и осушения, машин, организации труда и др.). Система организации севооборотов и устройства территории, предопределенная совокупностью природно-климатических условий, рельефом, степенью эродированности почв, на которую накладываются определенные ареалы севооборотов, формирует дифференцированные полевые агроландшафты на пашне [13].

С учетом распределения пашни по классам потенциальной эрозионной опасности устанавливается рациональное соотношение структуры почвозащитного комплекса путем организации дифференцированного использования в системе севооборотов и обособленных участков (постоянного и временного залужения, овощных, орошаемых, запольных и т. д.). В целях создания устойчивой к эрозии организационно-территориальной основы, повышения плодородия почв и улучшения экологической среды полевого агроландшафта целесообразно на землях I и II классов потенциальной эрозионной опасности предусмотреть размещение полевого севооборота, насыщенного пропашными культурами. На пашне II, III и IV классов потенциальной эрозионной опасности рекомендуется организовывать полевые севообороты, насыщенные зерновыми сельскохозяйственными культурами (зерновые севообороты), с учетом сложившейся структуры посевных площадей в хозяйстве и в связи с необходимостью создания надежной кормовой базы для животноводства. Насыщенность зерновыми и зернобобовыми сельскохозяйственными культурами, однолетними травами в таких севооборотах может достигать более 50% всей площади севооборота. Допускается размещать их на пашне с крутизной до 5°. На эродированных землях IV и V классов потенциальной эрозионной опасности необходимо размещать противоэрозионные почвозащитные севообороты, в которых почвозащит-



ные сельскохозяйственные культуры и многолетние травы могут превышать 50% общей площади севооборота. На деградированной пашне V класса предусматривается постоянное залужение многолетними травами.

Формирование организационно-территориальной основы для защиты пашни от эрозии создает реальные условия для разработки и внедрения современного адаптивного земледелия и является теоретически значимым и практически необходимым [1, 3, 4, 11].

Особенностью представленного методического подхода является создание надежного расчетного инструментария для оптимального проектирования системы дифференцированного использования в системе севооборотов с учетом степени эрозионной опасности. Представлен современный подход к формированию адаптивных севооборотов на основе классов потенциальной эрозионной опасности пахотных земель от стока талых вод и ливневых дождей. Разработанные предложения позволяют создать надежные условия для дифференцированного использования земель.

На основе определения значения почвозащитных способностей элементов территориальной организации севооборотов (применяемых севооборотов, выращиваемых сельскохозяйственных культур, качества почв, крутизны территории и др.) выполняется расчет интегрированного значения почвозащитной способности территориально-дифференцированной организации севооборотов (см. табл.).

**Почвозащитная характеристика севооборотов**

Показатели	Севообороты			
	пропашной	зерновой	почвозащитный	участки залужения
Количество севооборотов, шт.	1	1	1	5
Площадь севооборота, га	200,0	800,0	450,0	50,0
Средний размер поля, га	50,0	100,0	50,0	10,0
Почвозащитный коэффициент севооборота ( $K_c$ )	0,68	0,57	0,16	0,03
Средняя крутизна склонов севооборота, град.	0,5	2,4	6,3	6,5
Поправочный коэффициент на крутизну склонов	0,08	0,4	1,05	1,5
Коэффициент податливости почв смыву ( $K_{пс}$ )	0,5	0,7	0,8	0,9
Интегрированный коэффициент севооборота ( $K_{об}$ )	0,03	0,40	0,13	0,04
Потенциальный смыв почвы, т/га в год	1,5	14,6	39,5	42,5
Остаточные потери почвы, т/га в год	0,05	5,8	5,1	1,7

Рассмотренный способ оценки почвозащитной эффективности организации дифференцированного хозяйственного использования пашни наглядно и последовательно показывает снижение смыва почвы с учетом особенностей территории и почвозащитной способности почв. Дифференцированное размещение севооборотов на территории пашни с учетом ее агротехнологических характеристик и почвозащитной способности сельскохозяйственных культур позволит создать оптимальные условия для сохранения и рационального использования плодородия пахотных почв. Расчетные аспекты методики оценки противоэрозионного влияния системы дифференцированных севооборотов подробно изложены в работах сотрудников Воронежского государственного аграрного университета, Всероссийского научно-исследовательского института агролесомелиорации РАСХН (Волгоградская область), Новочеркасской государственной мелиоративной академии и др. [9, 10, 12].

Фундаментальная роль в деле успешного решения задач предотвращения эрозионных процессов отводится лесомелиоративному устройству пашни сельскохозяйственных организаций, количественно учитывающему различные факторы. В работе [10] представлен противоэрозионный аспект методики устройства территории пашни на расчетной основе. Скорректировано содержание технического проектирования контурных лесных полос с целью оптимального устройства рабочих участков для выполнения агротехнологических мероприятий в условиях внедрения адаптивного земледелия.

Основными задачами проектов лесомелиорации являются:

- создание агротехнологически надежной организационно-территориальной основы для выполнения агроприемов системы земледелия;
- формирование оптимальной агросреды для выращивания сельскохозяйственных культур в системе адаптивного земледелия, сохранения и воспроизводства плодородия пахотных земель;
- доведение облесенности, защищенности пашни и лесистости территории до оптимальных параметров.

Наиболее эффективное регулирование поверхностного стока воды и снижение смыва почвы возможно лишь при размещении трасс лесных полос поперек склона и оптимальном расстоянии между ними [2, 3, 6, 10, 14].

Принимая во внимание, что базовым принципом контурного устройства пахотных склонов является необходимость решения противоэрозионных задач, наиболее верным следует признать методический подход по определению места размещения водорегулирующей лесной полосы или лесогидромелиоративного звена, основанного на расчете критических скоростей формирования эрозии. Этот подход позволяет наиболее точно выявить место размещения водорегулирующей лесной полосы по границе начала формирования эрозии [3, 6]. Для расчета расстояния до точки формирования размывающей скорости весеннего склонового стока, с учетом которого и определяется место размещения лесной полосы, целесообразно использовать гидрологическую формулу, позволяющую рассчитать фактическую скорость склонового стока на высоте выступов шероховатости ( $V_x$ , м/сек) в зависимости от территориальных особенностей участка [6]:

$$V_x = 7,75 [(P - K) \times L]^{0,3} \times n^{0,7} \times i^{0,35},$$

где  $(P - K)$  – интенсивность стокообразования, м/сек;

$L$  – длина склона (стокосбросного участка), обеспечивающая формирование определенной скорости, м;

$n$  – коэффициент, учитывающий изрезанность склоновой поверхности (Ц.Е. Мирцхулава предлагает принимать равным 1–3 [8], а А.Н. Костяков – 1–2 [5]; для зяби, обработанной поперек склона, принимаем равным 1);

$i$  – величина уклона, tg.

Система лесных полос выполняет важную организационно-технологическую функцию, так как является конструктивной основой, закрепляющей в природе границы рабочих участков на долгие годы и программирующей условия выполнения противоэрозионной обработки и всех агротехнологических приемов земледелия поперек склонов. Практически все лесные полосы являются базисными рубежами обработки и должны быть запроектированы с учетом допустимых параметров уклона и протяженности.

Особое внимание следует уделять конфигурации линейных элементов, которая в значительной степени определяется рельефом местности. От контурности рабочих участков зависит технология обработки полей и рабочих участков севооборотного массива. Размещение линейных элементов в виде защитных лесных полос определяет кривизну рабочих ходов машинно-тракторных агрегатов. Параметры допустимой кривизны

направления обработки являются исходными данными при программировании выполнения агротехнологических приемов на полях и одним из основных критериев размещения лесных полос на пахотных склонах. При этом контурный элемент в виде лесной полосы представляет собой совокупность дуг взаимосопряженных окружностей.

Таким образом, машинно-тракторный агрегат, выполняя технологические операции на полях и рабочих участках, совершает свой путь по дугам различных окружностей и постепенно прокладывает одинаковые технологические полосы, равные ширине его захвата. При проведении контурной обработки движение агрегата на полях севооборотных массивов идет от центра кривой, при этом радиус с каждым проходом увеличивается на ширину захвата, за счет чего происходит уменьшение кривизны дуги окружности. При обработке территории к центру окружности кривизна дуги, наоборот, увеличивается. При этом ближе к центру окружности наступает момент, когда машинно-тракторный агрегат не может вписаться в отрезки кривых, и его фактический технологический путь будет проходить по более пологой кривой, при этом наблюдаются огрехи – корректирующие полосы.

В случае выполнения технологических процессов обработки пропашных культур необходимо учитывать лимитирующую кривизну направления обработки, которая должна превышать 60 метров.

Таким образом, на пахотных склонах необходимо учитывать следующие правила при проектировании контурных линейных элементов:

- центры кривых должны рассчитываться таким образом, чтобы они выходили за пределы рабочих участков севооборотных массивов;
- кривизну рабочих проходов машинно-тракторных агрегатов следует формировать радиусом не менее 60 метров.

### **Выводы**

Использование расчетных методик оценки потенциальной эрозионной опасности пашни, основанных на количественном учете определяющих факторов, позволяет повысить достоверность информации и получить наглядную картину для территориальной дифференциации их использования.

Дифференциация эрозионной опасности пашни предопределяет организационно-территориальный характер противоэрозионного размещения севооборотов. Решение задач по формированию организационно-территориальной основы для защиты пашни от эрозии и оптимального размещения севооборотов создает реальные условия для разработки и внедрения современного адаптивного земледелия, является теоретически значимым и практически необходимым.

Совершенствование расчетных методик проектирования противоэрозионных мероприятий позволит создать надежную платформу для защиты земель, рационального и экономически эффективного ведения адаптивного земледелия.

---

---

### **Список источников**

1. Волков С.Н. Землеустройство. Т. 9. Региональное землеустройство: учебник. Москва: КолосС, 2009. 709 с.
2. Зыков И.Г., Барабанов А.Т., Гаршинев Е.А. и др. Рекомендации по лесной мелиорации при контурной организации территории в районах активного проявления водной эрозии. Волгоград: Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации РАСХН, 1987. 34 с.
3. Иванов В.Д., Чечин Д.И. О проектировании на пахотных склонах водорегулирующих лесных полос, усиленных валами-канавами в местах концентрации стока // Повышение эффективности использования земель на основе землеустройства: научные труды Воронежского СХИ им. К.Д. Глинки. Воронеж: Воронежский СХИ, 1982. Т. 117. С. 100–105.

4. Карцев Г.А., Лука А.Н., Носов С.И. и др. Методические указания по проектированию противоэрозионной организации территории при внутрихозяйственном землеустройстве в зонах проявления водной эрозии. Москва: [б. и.], 1989. 79 с.
5. Костяков А.Н. Основы мелиораций: учебник. 6-е изд., доп. и перераб. Москва: Сельхозгиз, 1960. 622 с.
6. Лукин Н.И., Семенов О.П. Некоторые вопросы теории смыва почвогрунтов // Вопросы регулирования стока и водоснабжение в условиях Центрально-Черноземных областей: Записки Воронежского сельскохозяйственного института им. К.Д. Глинки. Воронеж: Воронежский СХИ, 1972. Т. 50. С. 42–44.
7. Мирцхулава Ц.Е. Водная эрозия почв (механизм, прогноз). Тбилиси: Мецниереба, 2000. 420 с.
8. Мирцхулава Ц.Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. Москва: КолосС, 1970. 240 с.
9. Нартова Е.А., Масленникова С.В., Чернышов Д.А., Пожидаев Ю.Ю. Перевод поверхностного стока в подземный и его влияние на устойчивость агроландшафтов // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). 2018. № 1(6). С. 63–66.
10. Недикова Е.В., Чечин Д.И. Методические рекомендации по проектированию контурных лесных полос в условиях эрозионно опасного рельефа. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2022. 51 с.
11. Недикова Е.В., Чечин Д.И. Методические рекомендации по совершенствованию оценки эрозионной опасности пашни. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2022. 51 с.
12. Недикова Е.В., Чечин Д.И., Образцов В.Н. Методические рекомендации по проектированию системы дифференцированных севооборотов с учетом классов потенциальной эрозионной опасности пашни. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2022. 39 с.
13. Постолов В.Д., Барышникова О.С. Опыт проектирования экологически устойчивых агроландшафтов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т. 12, № 1(60). С. 234–238. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2019.1.234.
14. Постолов В.Д., Брянцева Л.В., Усова А.Г. К вопросу оценки состояния сельскохозяйственных земель и их использования // Актуальные проблемы землеустройства, кадастра и природообустройства: материалы I международной конференции факультета землеустройства и кадастров ВГАУ (Воронеж, 30 апреля 2019 г.). Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2019. С. 267–272.
15. Флоринский И.В., Филиппов С.В. Трехмерное моделирование рельефа: применение пакета Blender // Геоинформационное моделирование, виртуальные географические среды и концепция Цифровой Земли: материалы международной конференции «ИнтерКарто. ИнтерГИС». 2018. Т. 24, № 2. С. 250–261. DOI: 10.24057/2414-9179-2018-2-24-250-261.
16. Florinsky I.V. Digital terrain analysis in soil science and geology. Amsterdam: Elsevier, Academic Press, 2016. 506 p.
17. Panagos P., Borrelli P., Poesen J. et al. The new assessment of soil loss by water erosion in Europe // Environmental Science Policy. 2015. Vol. 54. Pp. 438–447. DOI: 10.1016/j.envsci.2015.08.012.
18. Van Oost K., Govers G., Desmet P. Evaluating the effects of changes in landscape structure on soil erosion by water and tillage // Landscape Ecology. 2000. Vol. 15. Issue 6. Pp. 577–589. DOI: 10.1023/A:1008198215674.

## References

1. Volkov S.N. Zemleustrojstvo. T. 9. Regional'noe zemleustrojstvo: uchebnik [Land management. Vol. 9. Regional land management: textbook]. Moscow: KolosS Press; 2009. 709 p. (In Russ.).
2. Zykov I.G., Barabanov A.T., Garshinev E.A. et al. Rekomendatsii po lesnoj melioratsii pri konturnoj organizatsii territorii v rajonakh aktivnogo proyavleniya vodnoj erozii [Recommendations for forest reclamation in the contour organization of the territory in the areas of active manifestation of water erosion]. Volgograd: All-Russian Research Institute of Agroforestry Russian Academy of Agricultural Sciences Press; 1987. 34 p. (In Russ.).
3. Ivanov V.D., Chechin D.I. O proektirovanii na pakhotnykh sklonakh vodoreguliruyushchikh lesnykh polos, usilennykh valami-kanavami v mestakh kontsentratsii stoka [On the design on arable slopes of water-regulating forest belts reinforced with mounds&furrows in places of runoff concentration]. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya zemel' na osnove zemleustrojstva: nauchnye trudy Voronezhskogo sel'skokozyajstvennogo instituta im. K.D. Glinki [Improving the efficiency of land use on the basis of land management: collection of research papers of Voronezh Agricultural Institute named after K.D. Glinka]. Voronezh: Voronezh Agricultural Institute Press; 1982;117:100-105. (In Russ.).
4. Kartsev G.A., Luka A.N., Nosov S.I. et al. Metodicheskie ukazaniya po proektirovaniyu protivoerozionnoj organizatsii territorii pri vnukhkozyajstvennom zemleustrojstve v zonakh proyavleniya erozii [Methodical guidelines for the design of erosion control organization of the territory in intra-farm land management in zones of erosion manifestation]. Moscow: [Sine Loci I.]; 1989. 79 p. (In Russ.).
5. Kostyakov A.N. Osnovy melioratsij: uchebnik. 6-e izd., dop. i pererab. [Fundamentals of land reclamation: textbook. 6<sup>th</sup> edition, revised and enlarged]. Moscow: Sel'khozgiz; 1960. 622 p. (In Russ.).
6. Lukin N.I., Semenov O.P. Nekotorye voprosy teorii smyva pochvogrunтов [Some questions of the theory of soil flushing]. Voprosy regulirovaniya stoka i vodosnabzhenie v usloviyakh Tsentral'no-Chernozemnykh oblastej: zapiski Voronezhskogo sel'skokozyajstvennogo instituta im. K.D. Glinki [Issues of flow regulation and water supply in the conditions of Central Chernozem Regions: Notes of Voronezh Agricultural Institute named after K.D. Glinka]. Voronezh: Voronezh Agricultural Institute Press; 1972;50:42-44. (In Russ.).

7. Mirtskhulava Ts.E. Vodnaya eroziya pochv (mekhanizm, prognoz) [Water erosion of soils (mechanism, prognosing)]. Tbilisi: Metsniereba Press; 2000. 420 p. (In Russ.).
8. Mirtskhulava Ts.E. Inzhenernye metody rascheta i prognoza vodnoj erozii [Engineering methods of calculation and prediction of water erosion]. Moscow: Kolos Press; 1970. 240 p. (In Russ.).
9. Nartova E.A., Maslennikova S.V., Chernyshov D.A., Pozhidaev Yu.Yu. Perevod poverkhnostnogo stoka v podzemnyj i ego vliyanie na ustojchivost' agrolandshaftov [The transfer of the superficial drain in underground and its influence on stability of agrolandscapes]. *Modeli i tekhnologii prirodoobustrojstva (regional'nyj aspekt) = Models and technologies of environmental management (regional aspect)*. 2018;1(6):63-66. (In Russ.).
10. Nedikova E.V., Chechin D.I. Metodicheskie rekomendatsii po proektirovaniyu konturnykh lesnykh polos v usloviyakh erozionno opasnogo rel'efa [Methodological recommendations for the design of contour forest strips in conditions of erosive dangerous terrain]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2022. 51 p. (In Russ.).
11. Nedikova E.V., Chechin D.I. Metodicheskie rekomendatsii po sovershenstvovaniyu otsenki erozionnoj opasnosti pashni [Methodological recommendations for improving the assessment of the erosion hazard of arable land]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2022. 51 p. (In Russ.).
12. Nedikova E.V., Chechin D.I., Obratsov V.N. Metodicheskie rekomendatsii po proektirovaniyu sistemy differentsirovannykh sevooborotov s uchetom klassov potentsial'noj erozionnoj opasnosti pashni [Methodological recommendations for the design of a system of differentiated crop rotations taking into account the classes of potential erosion hazard of arable land]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2022. 39 p. (In Russ.).
13. Postolov V.D., Baryshnikova O.S. The experience of designing environmentally sustainable agricultural landscapes]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2019;12(1):234-238. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2019.1.234. (In Russ.).
14. Postolov V.D., Bryantseva L.V., Usova A.G. K voprosu otsenki sostoyaniya sel'skokhozyajstvennykh zemel' i ikh ispol'zovaniya [On the issue of assessing the state of agricultural lands and their use]. Aktual'nye problemy zemleustrojstva, kadastra i prirodoobustrojstva: materialy I mezhdunarodnoj konferentsii fakul'teta zemleustrojstva i kadastrorov Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Voronezh, 30 aprelya 2019 g.) [Actual problems of Land Management, Cadastre and Environmental management: Proceedings of the I International Conference of the Faculty of Land Management and Cadastre of Voronezh State Agrarian University (Voronezh, April 30, 2019)]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2019:267-272. (In Russ.).
15. Florinsky I.V., Filippov S.V. Trekhmernoe modelirovanie rel'efa: primenenie paketa Blender [Three-dimensional terrain modeling: application of the Blender package]. Geoinformatsionnoe modelirovanie, virtual'nye geograficheskie sredy i kontseptsiya Tsifrovoy Zemli: materialy mezhdunarodnoj konferentsii «InterKarto. InterGIS» [Geoinformation modeling, virtual geographical environments and the concept of Digital Earth: Proceedings of the International conference "InterCarto. InterGIS"]. 2018;24(2):250-261. DOI: 10.24057/2414-9179-2018-2-24-250-261. (In Russ.).
16. Florinsky I.V. Digital terrain analysis in soil science and geology. Amsterdam: Elsevier, Academic Press; 2016. 506 p.
17. Panagos P., Borrelli P., Poesen J. et al. The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. *Environmental Science Policy*. 2015;54:438-447. DOI: 10.1016/j.envsci.2015.08.012.
18. Van Oost K., Govers G., Desmet P. Evaluating the effects of changes in landscape structure on soil erosion by water and tillage. *Landscape Ecology*. 2000;15(6):577-589. DOI: 10.1023/A:1008198215674.

#### **Информация об авторах**

Е.В. Недикова – доктор экономических наук, зав. кафедрой землеустройства и ландшафтного проектирования ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [nedicova@yandex.ru](mailto:nedicova@yandex.ru).

Е.В. Куликова – кандидат биологических наук, доцент кафедры геодезии и мелиорации ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [milenica@mail.ru](mailto:milenica@mail.ru).

К.Д. Недиков – ассистент кафедры землеустройства и ландшафтного проектирования ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [nedikovkd@yandex.ru](mailto:nedikovkd@yandex.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).

E.V. Kulikova, Candidate of Biological Sciences, Docent, the Dept. of Geodesy and Land Reclamation, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [milenica@mail.ru](mailto:milenica@mail.ru).

K.D. Nedikov, Assistant, the Dept. of Land Management and Landscape Design, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [nedikovkd@yandex.ru](mailto:nedikovkd@yandex.ru).

**Статья поступила в редакцию 18.03.2023; одобрена после рецензирования 21.04.2023; принята к публикации 25.04.2023.**

**The article was submitted 18.03.2023; approved after reviewing 21.04.2023; accepted for publication 25.04.2023.**

© Недикова Е.В., Куликова Е.В., Недиков К.Д., 2023

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

Научная статья

УДК 631.362.36

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2023\_2\_98

EDN: PZSDFM

#### Разброс значений коэффициента парусности семян пшеницы при аэродинамической сепарации

Владимир Васильевич Василенко<sup>1✉</sup>, Владимир Иванович Оробинский<sup>2</sup>,  
Сергей Владимирович Василенко<sup>3</sup>, Денис Николаевич Посохов<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup>Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,  
Воронеж, Россия

<sup>1</sup>vladva.vasilenko@yandex.ru✉

**Аннотация.** Принцип воздушной сепарации зерна основан на различии в аэродинамических свойствах компонентов зерновой смеси. Основными показателями аэродинамических свойств частиц смеси, определяющими ее делимость в воздушной среде, являются скорость витания и коэффициент парусности, при этом следует иметь в виду, что они не являются константами даже в пределах одного сорта культуры. Всегда существует некий диапазон изменений, что влияет на выбор рациональных регулировок зерноочистительных машин. Диапазоны изменений признаков очистки у культуры и засорителя зачастую перекрываются, и тогда полное разделение фракций невозможно, при этом неизбежны потери зерна и присутствие части примесей в очищенном зерне, то есть ухудшение качества очистки. Для обоснованного выбора режима работы очистительной установки, а также для предварительной оценки качества сепарации необходимо знать не только границы диапазона изменений коэффициентов парусности, но и закономерность их изменений внутри диапазона. Большинство исследователей допускают, что эта закономерность соответствует нормальному закону распределения случайной величины, игнорируя явное смещение среднего значения в сторону больших значений коэффициента парусности. Проведены лабораторные исследования аэродинамических свойств семян пшеницы, которые позволили уточнить выбор закона плотности распределения вероятности. Исследования скорости витания и аналитически связанного с ней коэффициента парусности семян пшеницы показали, что коэффициент парусности в качестве признака аэродинамической очистки от засорителей целесообразно аппроксимировать случайной величиной с плотностью вероятности, описываемой законом гамма-распределения, что повышает точность настройки зерноочистителей и, как следствие, качество сепарации. Проверка соответствия экспериментальных данных этой закономерности по критериям согласия Пирсона и А.Н. Колмогорова не выявила противоречий, исключающих возможность применения гамма-распределения.

**Ключевые слова:** парусный классификатор, коэффициент парусности, скорость витания, плотность вероятности, качество сепарации

**Для цитирования:** Василенко В.В., Оробинский В.И., Василенко С.В., Посохов Д.Н. Разброс значений коэффициента парусности семян пшеницы при аэродинамической сепарации // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 2(77). С. 98–105. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_98](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_98)–105.

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

Original article

#### Coefficient of sailing capacity of wheat seeds and its variations during aerodynamic separation

Vladimir V. Vasilenko<sup>1✉</sup>, Vladimir I. Orobinsky<sup>2</sup>, Sergei V. Vasilenko<sup>3</sup>, Denis N. Posokhov<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup>Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

<sup>1</sup>vladva.vasilenko@yandex.ru✉

**Abstract.** The principle of air separation of grain is based on the difference in the aerodynamic properties of the components of the grain mixture. The main indicators of the aerodynamic properties of the particles in the mixture determining its separability in the air environment are hovering velocity and coefficient of sailing capacity of seeds. Besides it should be noted that the mentioned properties are not constants even within the same crop variety. There is always a certain range of variations affecting the choice of rational adjustments of grain separating units. The ranges of variations in the signs of separation at seed and weed cleaning could overlap, and then complete separation into fractions becomes impossible, while grain losses and the presence of some impurities in the cleaned grain are inevitable, thus reducing the quality of separation process. For a reasonable

selection of the operating mode of seed cleaning machine, as well as for a preliminary assessment of the quality of separation, it is necessary to know not only the boundaries of the range of changes in coefficients of sailing capacity of seeds and weeds, but also the regularity of their changes within the range. Most researchers assume that such regularity corresponds to the normal distribution law of random variable, ignoring the obvious shift of the average value towards large values of the coefficient of sailing capacity. The authors have conducted laboratory testing of the aerodynamic properties of wheat seeds aimed at clarifying the selection of density of probability distribution law. Studies on hovering velocity and analytically related coefficient of sailing capacity of wheat seeds showed that coefficient of sailing capacity as a sign of aerodynamic cleaning from weeds should be approximated by a random variable with a probability density described by the gamma distribution law, which increases the accuracy of grain cleaner adjustment, as well as the quality of separation. Verification of the match of experimental data with this regularity according to Pearson's chi-squared test and the Kolmogorov-Smirnov test did not reveal any contradictions that exclude the possibility of using the law of gamma distribution.

**Key words:** sailing properties classifier, coefficient of sailing capacity, hovering velocity, probability density, quality of separation

**For citation:** Vasilenko V.V., Orobinsky V.I., Vasilenko S.V., Posokhov D.N. Coefficient of sailing capacity of wheat seeds and its variations during aerodynamic separation. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(2):98-105. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_98-105](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_98-105).

## Введение

Для очистки зерна от примесей, отличающихся от основной культуры аэродинамическими свойствами (к ним относят щуплые и недоразвитые зерна, пленки, оболочки, части стеблей, полосу, пыль и др.), применяют пневматические сепараторы и аспираторы. Принцип воздушной сепарации зерна основан на различии в аэродинамических свойствах компонентов зерновой смеси.

Установлено, что основными показателями аэродинамических свойств частиц смеси, определяющими ее делимость в воздушной среде, являются скорость витания, коэффициент сопротивления и коэффициент парусности, при этом именно последний является наиболее важным для определения рационального режима работы очистительной установки и аналитически связан [5, 10] со скоростью витания выражением

$$V_{кр} = \sqrt{\frac{g}{k_n}}, \quad (1)$$

где  $V_{кр}$  – критическая скорость (скорость витания), м/с;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$k_n$  – коэффициент парусности, м<sup>-1</sup>.

Критическая скорость воздуха, или скорость витания обеспечивает вынос частицы из общего потока или ограничивает скорость свободного падения частицы в неподвижной воздушной среде. При аэродинамической сепарации сыпучих смесей по этому признаку самым сложным является обеспечение равномерности воздушного потока по всей площади сечения рабочего канала [11]. Из двух возможных типов – нагнетательного и аспирационного – предпочтительными являются аспирационные каналы, создающие необходимые параметры равномерности воздушного потока. В принципе возможна сепарация в неподвижном воздушном пространстве за счет различной скорости свободного падения семян или скорости горизонтального полета. Такая технология предполагает достижение более высокого качества очистки.

Для успешного проектирования и расчета зерноочистительных установок необходимо иметь базовые данные лабораторных исследований коэффициентов парусности. К сожалению, этот показатель значительно изменяется по культурам, сортам, зависит от влажности семян в момент измерения, поэтому для разработчиков технологий и технических средств литературные данные носят лишь ориентировочный характер, в связи с чем их следует уточнять, выполняя собственные эксперименты.

Сотрудники Кубанского государственного аграрного университета экспериментальным путем определили и привели следующие значения критических скоростей семян (скоростей витания) зерновых культур и сорняков (м/с):

- пшеница – 9–12;
- овес 8,1–9,1;
- сорняки – 2–7 [10].

Несколько иные значения скоростей витания семян приведены на сайте «Все о зерне. Технологии хранения и переработки» (м/с) [1]:

- пшеница – 8,9–11,5;
- ячмень – 8,4–10,8;
- кукуруза – 12,5–14,0;
- овес – 8,1–9,1;
- просо – 6,7–8,8;
- гречиха – 4,4–8,0.

Специалисты, разрабатывавшие основы аэродинамической сепарации сыпучих материалов (Анисимов А.В., Личко Н.М., Логачев И.Н., Логачев К.И.), приводят более широкий диапазон скорости витания зерна пшеницы, а именно: 8,9–15,0 м/с [2, 3, 4].

Разброс значений критических скоростей семян (значений скоростей витания) объясняется разными факторами, в том числе различной степенью выполненности зерновок и их зрелости, влажностью и ориентацией в пространстве в момент измерения скорости воздушного потока. При этом весьма ощутимое влияние на результат оказывает качество лабораторного оборудования.

Обычно скорость витания определяют на парусном классификаторе, оснащенном микроманометром с трубкой Пито-Прандтля. Скорость воздушного потока вычисляется по показаниям динамического напора [5]:

$$V = 4\sqrt{h_d}, \quad (2)$$

где  $V$  – скорость воздушного потока, м/с;

$h_d$  – динамический напор, мм вод. ст.

Знание одного лишь диапазона изменения скорости витания или коэффициента парусности для какой-либо культуры является недостаточным для прогнозирования результатов сепарации с определением качества работы. Для этого искомый показатель принимается за случайную величину, и определяется закон распределения плотности вероятности этой случайной величины.

#### **Постановка задачи и метод решения**

Обычно экспериментаторы при определении показателя какого-либо признака очистки ограничиваются нахождением диапазона его изменений, указывая минимальные и максимальные значения. В лучшем случае указывается, что в границах этого диапазона признак носит случайный характер с нормальным законом распределения плотности вероятности. Аппроксимация нормальным законом удобна тем, что на графике он симметричен относительно центра рассеивания, его числовые характеристики легко определяются, и вообще он более привычен по своему распространению в природе. Однако опыты по определению скорости витания семян, например пшеницы, показывают, что при достаточно подробном разграничении навески на разряды статистического ряда симметрия отклонений от среднего значения нарушается.

Статистический ряд больше растягивается в сторону уменьшения скорости витания или увеличения парусности семян. Это говорит о присутствии значительной части щуплых, недоразвитых семян на одном краю статистического ряда, в то время как нормальные, выполненные семена компактно находятся на другом его краю. Чаще всего засорители пшеницы более легковесны, чем сама культура, и они примыкают к статистическому ряду пшеницы именно со стороны щуплых зерен, поэтому их потеря в отходы лишь улучшает качество аэродинамической очистки. Для более точного прогноза качества очистки по предварительному выбору режима работы очистителя требуется уточнение реально существующей закономерности распределения случайной величины – скорости витания семян пшеницы.



Эксперименты по поиску аппроксимирующей закономерности проводились на парусном классификаторе, сконструированном сотрудниками кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей Воронежского государственного аграрного университета. Навеска зерна пшеницы массой 300 г последовательно продувалась воздушным потоком с динамическим напором 3, 6, 9, ... 24 мм вод. ст. Вынесенная воздушным потоком фракция зерна каждого варианта взвешивалась, полученные значения записывались в журнал опыта. По показателю динамического напора с использованием выражения (2) вычислялась скорость витания в данном разряде статистического ряда и по выражению (1) – коэффициент парусности.

Статистическая вероятность коэффициента парусности в каждом разряде вычислялась как доля массы семян в разряде по отношению ко всей навеске, а сумма произведений разрядных значений на их статистическую вероятность определяла среднее значение коэффициента парусности. В каждом разряде определялась разность между коэффициентом парусности и его средним значением, по которой в итоге определяли дисперсию, среднее квадратичное отклонение и показатели предполагаемого гамма-распределения коэффициента парусности.

### Результаты и их обсуждение

В результате лабораторных экспериментов по определению коэффициента парусности семян пшеницы получены следующие данные (табл. 1).

Таблица 1. Статистический ряд коэффициента парусности семян пшеницы

$h_d$ , мм вод. ст.	$V_{вум}$ , м/с	$x_i$ , м <sup>-1</sup>	$m_i$ , г	$m_i x_i$	$\alpha_i$ , м <sup>-1</sup>	$m_i \alpha_i^2$	$p_i^*$
24,0	27,47	0,013	2,6	0,0338	-0,0991	0,0255	0,0087
21,0	19,06	0,027	1,4	0,0378	-0,0851	0,0101	0,0047
18,0	17,79	0,031	3,3	0,1023	-0,0811	0,0217	0,0110
15,0	16,28	0,037	6,9	0,2553	-0,0751	0,0389	0,0210
12,0	14,76	0,045	14,9	0,6631	-0,0671	0,0671	0,0498
9,0	12,79	0,060	37,2	2,2320	-0,0521	0,1010	0,1242
6,0	10,74	0,085	91,5	7,7775	-0,0271	0,0672	0,3056
3,0	8,06	0,151	130,9	19,7659	0,0389	0,1981	0,4372
2,0	6,24	0,252	10,7	2,6964	0,1399	0,2094	0,0357
$\Sigma$			299,4	33,5641		0,7390	0,998

Обозначения показателей к таблице 1:

$h_d$  – динамический напор воздушного потока, мм вод. ст.;

$V_{вум}$  – скорость витания частицы, м/с;

$x_i$  – временное обозначение коэффициента парусности  $k_n$ , м<sup>-1</sup>;

$m_i$  – масса вынесенных воздушным потоком семян, г;

$m_i x_i$  – составляющие части среднего значения коэффициента парусности;

$\alpha_i$  – отклонения разрядных значений коэффициента парусности от его среднего значения, м<sup>-1</sup>;

$m_i \alpha_i^2$  – составляющие дисперсии коэффициента парусности;

$p_i^*$  – статистическая вероятность разрядного значения коэффициента парусности; вычисляется как доля массы семян в каждом разряде по отношению ко всей навеске:

$$p_i^* = \frac{m_i}{\Sigma m_i} \quad (3)$$

Гистограмма выражения (3) дает представление о возможности аппроксимации экспериментальных данных тем или иным законом распределения случайной величины (рис. 1).

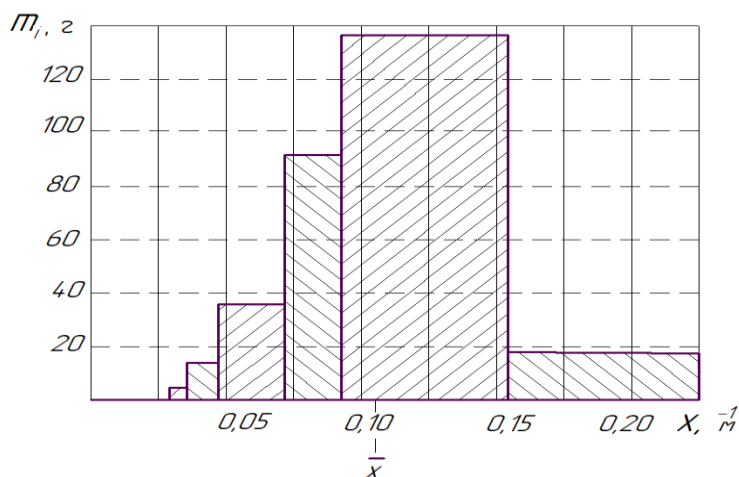


Рис. 1. Гистнограмма массы зерен пшеницы в разрядах статистического ряда

График оказался больше вытянутым в сторону увеличения коэффициента парусности с асимметричным размещением среднего значения  $\bar{x}$ . За аппроксимирующее выражение для плотности распределения случайной величины  $x$  принимается гамма-распределение [6, 9], которое отличается универсальностью математического выражения от простейшего показательного закона со 100% коэффициентом вариации и полным хаосом в чередовании чисел до регулярного потока без всякой вариации чисел. Числовые характеристики этого распределения вычисляются по экспериментальным данным, приведенным в таблице 1.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i m_i}{\sum m_i} = 0,112, \quad (4)$$

где  $\bar{x}$  – среднее значение коэффициента парусности, оно может быть принято за математическое ожидание,  $m^{-1}$ .

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^c m_i \alpha_i^2}{\sum_{i=1}^c m_i}} = 0,05, \quad (5)$$

где  $\sigma$  – среднее квадратичное отклонение коэффициента парусности,  $m^{-1}$ ;  
 $c$  – число разрядов статистического ряда.

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} = 0,45, \quad (6)$$

где  $V$  – коэффициент вариации искомого показателя.

Как и другие закономерности, гамма-распределение конкретизируется к описываемому событию двумя специфическими числовыми величинами, из которых одна характеризует степень разброса значений и обозначается  $\alpha$ , а другая зависит от среднего размера случайной величины и обозначается  $\beta$ :

$$\alpha = V^{-2} = 4,938; \quad \beta = \frac{\alpha}{\bar{x}} = 44,09. \quad (7)$$

Аппроксимирующее выражение для нашего случая принимает вид

$$f(x) = \frac{\beta^\alpha \cdot x^{\alpha-1} \cdot e^{-\beta x}}{\Gamma(\alpha)}, \quad (8)$$

где  $f(x)$  – плотность вероятности коэффициента парусности семян;  
 $x$  – текущее значение коэффициента парусности,  $m^{-1}$ ;  
 $\Gamma(\alpha)$  – гамма-функция от  $\alpha$ .

График плотности случайной величины по выражению (8) представлен на рисунке 2.

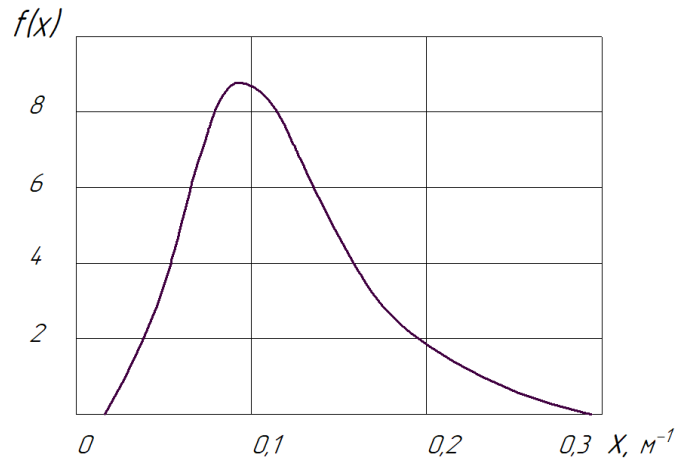


Рис. 2. График плотности распределения коэффициента парусности семян пшеницы

Для интервальной оценки распределения показателя парусности определим доверительный интервал генеральной средней при 95% уровне достоверности [8]. Ошибка выборочной средней определяется по выражению

$$S_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}, \quad (9)$$

где  $S_{\bar{x}}$  – ошибка выборочной средней,  $м^{-1}$ ;

$\sigma$  – среднее квадратичное отклонение коэффициента парусности,  $м^{-1}$ ;

$N$  – количество учтенных граммов в навеске зерен.

Ошибка выборочной средней  $S_{\bar{x}} = 0,0029 м^{-1}$ , что в процентном отношении составляет

$$S_{\bar{x}} \% = \frac{S_{\bar{x}}}{\bar{x}} \cdot 100 = 2,6\% .$$

По таблицам критерия  $t$  [8] при числе степеней свободы  $N - 1 = 299$  и 95% уровне доверительной вероятности определяем  $t_{0,05} = 1,96$ , при этом доверительный интервал составляет

$$\bar{x} \pm t_{0,05} S_{\bar{x}} = 0,112 \pm 1,96 \cdot 0,0029 = 0,112 \pm 0,0057 = (0,105 \div 0,117) м^{-1} .$$

Для оценки соответствия опытных данных гамма-распределению коэффициента парусности по критерию Пирсона [7] составим сравнительную таблицу вероятностей попадания этого показателя в разряды статистического ряда (табл. 2).

Таблица 2. Сравнительные значения экспериментальных и теоретических данных по коэффициенту парусности семян пшеницы

$k_{ni}$	0,013	0,027	0,031	0,037	0,045	0,060	0,085	0,151	0,252
$m_i$	2,6	1,4	3,3	6,9	14,9	37,2	91,5	130,9	10,7
$Np_i$	2,096	1,198	2,994	5,988	13,174	33,533	86,527	138,922	14,371
$D$	0,504	0,202	0,306	0,912	1,726	3,667	4,973	8,02	3,671

Обозначения показателей в таблице 2:

$k_{ni}$  – разрядные значения коэффициента парусности,  $м^{-1}$ ;

$m_i$  – фактическая масса зерна в разрядах статистического ряда, г;

$Np_i$  – расчетная масса зерна в разрядах статистического ряда, г;

$D$  – разница показателей массы зерна, г.

Значение меры расхождения (критерий Пирсона) вычисляем по формуле

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^9 \frac{(m_i - Np_i)^2}{Np_i} = 2,639. \quad (10)$$

Число степеней свободы определяется как число разрядов минус число наложенных связей:  $r = 9 - 3 = 6$ . По таблице Пирсона определяем, что отклонения статистически полученных данных от теоретических появились от случайных факторов, не зависящих от принятой гипотезы, с вероятностью  $p = 88\%$ , то есть противоречия в принятой аппроксимации опытных данных не обнаружено.

Для оценки соответствия по критерию А.Н. Колмогорова [7] определяется максимальная разница статистической и теоретической вероятностей попадания случайной величины в разряды статистического ряда:  $D_{max} = 8,02/299,4 = 0,0267$ .

Далее вычисляется показатель  $\lambda$  (критерий А.Н. Колмогорова):

$$\lambda = D_{max} \sqrt{N} = 0,462.$$

По этому значению находим табличный показатель критерия согласия  $p(\lambda) = 0,97$ , что свидетельствует о совпадении теоретической аппроксимации и опытных данных.

### Заключение

Проведенные лабораторные исследования скорости витания и аналитически связанного с ней коэффициента парусности семян пшеницы показали, что коэффициент парусности в качестве признака аэродинамической очистки от засорителей целесообразно аппроксимировать случайной величиной с плотностью вероятности, описываемой законом гамма-распределения, что повышает точность настройки зерноочистителей и прогноза ожидаемого качества сепарации.

### Список источников

1. Анисимов А.В. Результаты экспериментального определения аэродинамических свойств зерна пшеницы и его оболочек // Наука и образование. 2020. Т. 3, № 4. С. 11–15.
2. Аэродинамические свойства зерна [Электронный ресурс] // Все о зерне. Технологии хранения и переработки. URL: <https://visacon.ru/zernovedenie/1842-aerodinamicheskie-svoystva-zerna.html> (дата обращения: 03.12.2022).
3. Василенко В.В., Гиевский А.М., Чернышов А.В. Теория и расчет рабочих органов сельскохозяйственных машин: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. 2-е изд., испр. и доп. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2019. 194 с.
4. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: учебник. 4-е изд., стереотипное. Москва: Наука, 1969. 576 с.
5. Гиевский А.М. Совершенствование пневмосепарирования зерна машинами серии ОЗФ // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2008. № 10. С. 5.
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. Корн Г.А., Корн Т.М. Справочник по математике для ученых и инженеров. Определения, теоремы, формулы; пер. со 2-го амер. изд., перераб. под общ. ред. И.Г. Араманича. Москва: Наука, 1974. 832 с.
8. Личко Н.М. Стандартизация и подтверждение соответствия сельскохозяйственной продукции: учебник для студентов вузов. Москва: ДеЛи плюс, 2013. 512 с.
9. Логачев И.Н., Логачев К.И. Аэродинамические основы аспирации: монография. Санкт-Петербург: Химиздат, 2005. 659 с.
10. Тарабрин Д.С., Тарасенко А.П., Гиевский А.М. Распределение зернового вороха в вертикальном пневмосепарирующем канале // Наука: вчера, сегодня, завтра: материалы международной научно-практической конференции (Воронеж, 05–09 сентября 2016 г.). Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. С. 239–243.
11. Трубилин Е.И., Федоренко Н.Ф., Тлишев А.И. Механизация послеуборочной обработки зерна и семян: учебное пособие для студентов сельскохозяйственных вузов. Краснодар: ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ, 2009. 96 с.

### References

1. Anisimov A.V. Rezul'taty eksperimental'nogo opredeleniya aerodinamicheskikh svoystv zerna pshe-nitsy i ego obolochek [Results of the experimental determination of aerodynamic properties of wheat grain and its seed coats]. *Nauka i obrazovanie = Science and Education*. 2020;3(4):11-15. (In Russ.).

2. Aerodinamicheskie svoystva zerna. Sait "Vse o zerne. Tekhnologii khraneniya i pererabotki" [Aerodynamic properties of grain. Website "All about grain. Storage and Processing Technologies"]. URL: <https://visacon.ru/zernovedenie/1842-aerodinamicheskie-svoystva-zerna.html>. (In Russ.).
3. Vasilenko V.V., Gievskiy A.M., Chernyshov A.V. Teoriya i raschet rabochnykh organov sel'skokhozyajstvennykh mashin: uchebnoe posobie dlya studentov vysshikh uchebnykh zavedenij. 2-e izd., ispr. i dop. [Theory and calculation of working bodies of agricultural machines: Textbook for students of higher education establishments. 2<sup>nd</sup> edition, revised and enlarged]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2019. 194 p. (In Russ.).
4. Ventsel E.S. Teoriya veroyatnostej: uchebnik. 4-e izd., stereotipnoe [Probability Theory: textbook. 4<sup>th</sup> edition, stereotype]. Moscow: Nauka Press; 1969. 576 p. (In Russ.).
5. Gievskiy A.M. Sovershenstvovaniye pnevmoseparirovaniya zerna mashinami serii OZF [Improving grain pneumatic separating by machines of the OZF series]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyajstva = Mechanization and electrification of agriculture*. 2008;10:5. (In Russ.).
6. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy): uchebnoe posobie. 5-e izd., dop. i pererab. [Field-plot Technique (with the Basics of Statistical Processing of Results of Research and Experiments): study guide. 5<sup>th</sup> edition, revised and enlarged]. Moscow: Agropromizdat; 1985. 351 p. (In Russ.).
7. Korn G.A., Korn T.M. Spravochnik po matematike dlya uchenykh i inzhenerov. Opredeleniya, teoremy, formuly; per. so 2-go amer. izd., pererab. pod obshchej redaktsiej I.G. Aramanovicha [Mathematical Handbook for Scientists and Engineers. Definitions, Theorems and Formulas for Reference and Review. Second edition, revised and enlarged]. Moscow: Nauka Press; 1974. 832 p. (In Russ.).
8. Lichko N.M. Standartizatsiya i podtverzhenie sootvetstviya sel'skokhozyajstvennoj produktsii: uchebnik dlya studentov vuzov [Standardization and conformity assessment of agricultural products: textbook for university students]. Moscow: DeLi plus Press; 2013. 512 p.
9. Logachev I.N., Logachev K.I. Aerodinamicheskie osnovy aspiratsii: monografiya [Aerodynamic foundations of aspiration: monograph]. Saint Petersburg: Himizdat; 2005. 659 p.
10. Tarabrin D.S., Tarasenko A.P., Gievsky A.M. Raspredeleniye zernovogo vorokha v vertikalnom pnevmosepariruyushchem kanale [Distribution of grain heap in the vertical pneumoseparating channel]. Nauka: vchera, segodnya, zavtra: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii (Voronezh, 05–09 sentyabrya 2016 g.) [Science: Yesterday, Today, Tomorrow: Proceedings of International Research-to-Practice Conference (Voronezh, September 05-09, 2016)]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2016:239-243. (In Russ.).
11. Trubilin E.I., Fedorenko N.F., Tlischev A.I. Mekhanizatsiya posleubrochnoy obrabotki zerna i semyan: uchebnoe posobie dlya studentov sel'skokhozyajstvennykh vuzov [Mechanization of post-harvest processing of grain and seeds: textbook for students of agricultural universities]. Krasnodar: Kuban State Agrarian University Press; 2009. 96 p.

#### **Информация об авторах**

V.V. Василенко – доктор технических наук, профессор кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [vladva.vasilenko@yandex.ru](mailto:vladva.vasilenko@yandex.ru).

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

S.V. Василенко – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной механики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [tuli-fruli@mail.ru](mailto:tuli-fruli@mail.ru).

D.N. Посохов – аспирант кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [smachin@agroeng.vsau.ru](mailto:smachin@agroeng.vsau.ru).

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

V.V. Vasilenko, Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [vladva.vasilenko@yandex.ru](mailto:vladva.vasilenko@yandex.ru).

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

S.V. Vasilenko, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Applied Mechanics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [tuli-fruli@mail.ru](mailto:tuli-fruli@mail.ru).

D.N. Posokhov, Postgraduate Student, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [smachin@agroeng.vsau.ru](mailto:smachin@agroeng.vsau.ru).

**Статья поступила в редакцию 20.02.2023; одобрена после рецензирования 23.03.2023; принята к публикации 05.04.2023.**

**The article was submitted 20.02.2023; approved after reviewing 23.03.2023; accepted for publication 05.04.2023.**

© Василенко В.В., Оробинский В.И., Василенко С.В., Посохов Д.Н., 2023

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

Научная статья  
УДК 631.3:517.927.4

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2023\_2\_106

EDN: TONNPB

### Моделирование движения семян по криволинейной траектории с постоянной скоростью в высевальном аппарате

Владимир Сергеевич Михайлов<sup>1</sup>, Вячеслав Геннадиевич Козлов<sup>2✉</sup>,  
Наталья Митрофановна Дерканосова<sup>3</sup>, Алексей Сергеевич Куликов<sup>4</sup>,  
Елена Владимировна Козлова<sup>5</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup>Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,  
Воронеж, Россия

<sup>2</sup>vya-kozlov@yandex.ru✉

**Аннотация.** При исследовании различных процессов в агроинженерии довольно часто возникают проблемы, связанные с применением математического моделирования, в частности при анализе движения частиц по криволинейным поверхностям (например рабочих органов сеялок точного посева), при обосновании параметров и режимов работы центробежных разбрасывателей, при изучении особенностей движения зернового потока по сепарационным решеткам, при исследовании процессов, происходящих во время погрузочно-разгрузочных работ механизмов и машин с применением криволинейных скатных поверхностей, а также при выборе вида этих поверхностей. Представлены результаты исследования, проведенного с целью выбора метода математического моделирования для обоснования формы криволинейной поверхности, обеспечивающей заданные кинематические характеристики движения семян в высевальном аппарате. Предложенный подход к математическому моделированию движения частиц по криволинейным поверхностям дает возможность при дальнейших исследованиях рассчитывать параметры процесса движения частиц по разнообразным траекториям. С использованием уравнений Лагранжа первого рода выведены уравнения движения частиц по шероховатым поверхностям криволинейных направляющих. Численное решение полученных уравнений с соответствующими начальными условиями позволило сделать вывод о значительных изменениях скорости движения частиц. Показано, что в случае применения криволинейных направляющих в качестве подающих устройств в сошниковую зону сеялки более предпочтительными являются кривые, по которым частицы движутся с постоянной скоростью, что исключает завалы и позволяет создавать оптимальные режимы работы машин и механизмов. Приведены уравнения для расчета кривых и представлена проверка постоянства скорости движения. Указанные криволинейные поверхности могут быть использованы при конструировании высевальных аппаратов сеялок точного посева, а также сепарационных решет для послеуборочной очистки зерна, в частности в гравитационных сепараторах.

**Ключевые слова:** моделирование движения, дифференциальные уравнения, выбор поверхностей, постоянная скорость движения, сеялка точного посева, сепарационные решета

**Для цитирования:** Михайлов В.С., Козлов В.Г., Дерканосова Н.М., Куликов А.С., Козлова Е.В. Моделирование движения семян по криволинейной траектории с постоянной скоростью в высевальном аппарате // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 2(77). С. 106–115. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_106-115](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_106-115).

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

Original article

### Simulation of the motion of seeds along a curved trajectory with a constant speed in a seed-feeding device

Vladimir S. Mikhailov<sup>1</sup>, Vyacheslav G. Kozlov<sup>2✉</sup>, Natalia M. Derkanosova<sup>3</sup>,  
Aleksey S. Kulikov<sup>4</sup>, Elena V. Kozlova<sup>5</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup>Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

<sup>2</sup>vya-kozlov@yandex.ru✉

**Abstract.** When studying various processes in agroengineering, problems often arise related to the use of mathematic simulation, in particular when analyzing the motion of particles along curved surfaces (for example, of the working bodies of precision seed planter), when justifying the parameters and operating modes of centrifugal spreaders, when outlining the features of the motion of grain flow through separation sieves, when investigating the processes occurring during loading and unloading of mechanisms and machines supplied with curved slide boards, as well as when choosing the type of these boards. The authors present the results of studies aimed at selecting mathematic simulation approach to substantiate the shape of a curved surface providing the specified kinematic characteristics of seed motion in seed-feeding devices. The proposed approach to mathematic simulation of particle motion down a curved surface makes it possible to calculate the parameters of the motion

along various trajectories during further research. Using Lagrange's equations of the first kind, the authors derived equations of particle motion down roughened surfaces of curved guides. Due to numerical solution of the obtained equations with the corresponding initial specifications, the authors made a judgement on significant changes in the particle speed. It is shown that in case of using curved guides as feeding devices into the drill coulter of the seed planter, curves along which particles move at a constant speed are more preferable, which eliminates blockages and allows creating optimal operating modes of different seeding machines. Equations for calculating curves are given and a check of the constancy of the speed of the particle motion is presented. These curved surfaces can be used at the designing seeding devices of precision seed planters, as well as separation sieves for post-harvest grain cleaning, in particular in gravity separators.

**Keywords:** simulation of the motion, differential equations, surfaces selection, particle motion, constant speed of motion, precision seed planter, sieves for separation

**For citation:** Mikhailov V.S., Kozlov V.G., Derkanosova N.M., Kulikov A.S., Kozlova E.V. Simulation of the motion of seeds along a curved trajectory with a constant speed in a seed-feeding device. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(2):106-115. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_106-115](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_106-115).

**В** агроинженерии наиболее частой задачей математического моделирования является определение кинематических характеристик [6–9, 12], в частности:

- при анализе движения частиц по некоторым криволинейным поверхностям рабочих органов сеялок [6, 7];

- при обосновании параметров и режимов работы центробежных разбрасывателей и распределителей [3, 10–13];

- при изучении особенностей движения зернового потока по сепарационным решетам [1–5, 14–17];

- при исследовании процессов, происходящих во время погрузочно-разгрузочных работ механизмов и машин с применением криволинейных скатных поверхностей, а также при выборе вида этих поверхностей.

Во всех этих случаях необходимо наличие математического обоснования оптимальных размеров и формы кривых, позволяющих частицам или элементам массы двигаться с постоянной скоростью.

Цель представленного исследования заключалась в выполнении математического обоснования формы криволинейной поверхности, обеспечивающей заданные кинематические характеристики. Для достижения поставленной цели необходимо было, используя уравнения Лагранжа первого рода, выполнить моделирование кривой, по которой движение тел или частиц происходило бы с постоянной скоростью.

Пусть частица массой  $m$ , кг движется по кривой:  $y = f(x)$ . На нее при движении действуют три активные силы (рис. 1):

- сила тяжести  $mg$ , где  $g$  – ускорение силы тяжести,  $m/c^2$ ;

- нормальная реакция  $N$ , Н;

- сила трения  $F_{тр} = kN$ , где  $k$  – коэффициент трения.

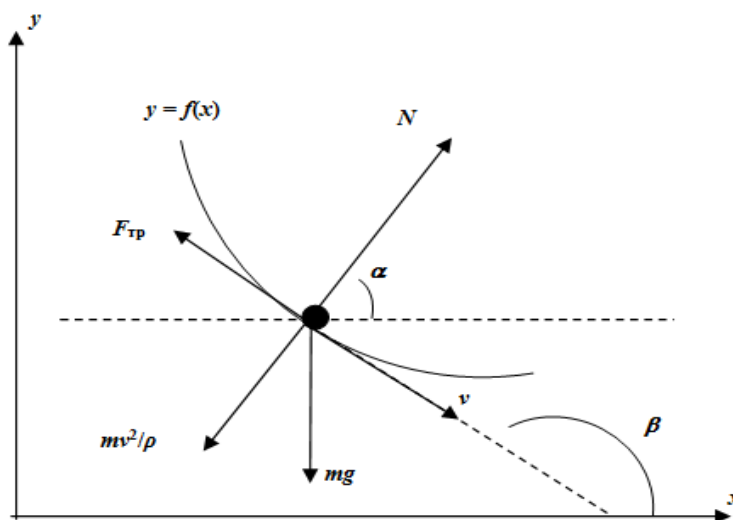


Рис. 1. Схема сил, действующих на частицу

Тогда уравнение движения частицы в проекции на ось  $x$  имеет вид

$$m\ddot{x} = N \cos \alpha - F_{\text{тр}} \sin \alpha, \quad (1)$$

или

$$m\ddot{x} = N(\cos \alpha - k \sin \alpha). \quad (2)$$

Здесь и далее точки вверху обозначают производные соответствующего порядка функции  $x$  по времени.

Нормальная реакция  $N$  определяется условием равновесия сил вдоль оси, направленной по нормали к кривой:

$$N = mg \sin \alpha + \frac{mv^2}{\rho}, \quad (3)$$

где  $\rho$  – радиус кривизны в данной точке, м;

$\frac{mv^2}{\rho}$  – центробежная сила инерции;

$v$  – скорость частицы, м/с.

Радиус кривизны траектории может быть определен по формуле

$$\rho = \frac{[1 + (y'_x)^2]^{\frac{3}{2}}}{y''_x}. \quad (4)$$

В выражении (4)  $y'_x$  и  $y''_x$  – соответственно первая и вторая производные по  $x$  уравнения траектории

$$y = f(x). \quad (5)$$

Учитывая, что  $\cos \alpha = \frac{ctg \alpha}{\sqrt{1 + ctg^2 \alpha}}$ ,  $\sin \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + ctg^2 \alpha}}$ ,  $tg \beta = y'_x = -tg(\frac{\pi}{2} - \alpha) = -ctg \alpha$ ,

$ctg \alpha = -y'_x$ , получаем

$$\cos \alpha = \frac{-y'_x}{\sqrt{1 + (y'_x)^2}}, \quad \sin \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + (y'_x)^2}}. \quad (6)$$

Учитывая также, что

$$v^2 = v_x^2 + v_y^2 = \dot{x}^2 + \dot{y}^2 = \dot{x}^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 = \dot{x}^2 + \left(\frac{dy}{dx} \cdot \frac{dx}{dt}\right)^2 = \dot{x}^2 + (y'_x \cdot \dot{x})^2, \quad (7)$$

окончательно  $v^2 = \dot{x}^2 [1 + (y'_x)^2]$ . (8)

Тогда уравнение (2) принимает следующий вид:

$$\ddot{x} = \left(g \sin \alpha + \frac{v^2}{\rho}\right)(\cos \alpha - k \sin \alpha), \quad (9)$$

или

$$\ddot{x} = \left(g \frac{1}{\sqrt{1 + (y'_x)^2}} + \frac{\dot{x}^2 y''_x}{\sqrt{1 + (y'_x)^2}}\right) \left(\frac{-y'_x}{\sqrt{1 + (y'_x)^2}} - k \frac{1}{\sqrt{1 + (y'_x)^2}}\right). \quad (10)$$

Проведя соответствующие упрощения, получаем

$$\ddot{x} = -\frac{(g + \dot{x}^2 y''_x)(k + y'_x)}{1 + (y'_x)^2}. \quad (11)$$



Вместе с начальными условиями

$$x|_{t=0} = x_0, \dot{x}|_{t=0} = v_{x0}, \quad (12)$$

получаем задачу Коши для квазилинейного дифференциального уравнения (11) относительно функции  $x(t)$ .

Отметим, что в случае движения частицы по прямолинейной наклонной плоскости  $y = ax + b$ ;  $y'_x = a = \operatorname{tg}\beta$ ;  $y''_x = 0$ . Тогда уравнение (11) принимает следующий вид:

$$\ddot{x} = -\frac{g(k + \operatorname{tg}\beta)}{1 + (\operatorname{tg}\beta)^2} = -g(k \cos \beta + \sin \beta) \cos \beta. \quad (13)$$

Если через  $\gamma$  обозначить острый угол наклона плоскости к оси  $x$ , то  $\beta = \pi - \gamma$ . Приняв во внимание, что  $\sin \beta = \sin \gamma$ , а  $\cos \beta = -\cos \gamma$ , уравнение (13) движения частицы преобразуем следующим образом:

$$\ddot{x} = g(\sin \gamma - k \cos \gamma) \cos \gamma, \quad (14)$$

что соответствует уравнению движения частицы по наклонной плоскости в проекции на ось  $x$ .

Рассмотрим следующий пример.

Пусть  $y(x) = 0,6(x - 1,3)^2$ ,  $k = 0,3$ ,  $x_0 = 0$ ,  $v_{x0} = 0,2$  м/с.

Подставляем эти значения в уравнение (11) и выполняем расчеты:

$$\ddot{x} = -\frac{(9,81 + 1,2\dot{x}^2)(1,2\dot{x} - 1,26)}{1 + (1,2x - 1,56)^2}.$$

Численное решение полученной задачи иллюстрируется на рисунке 2.

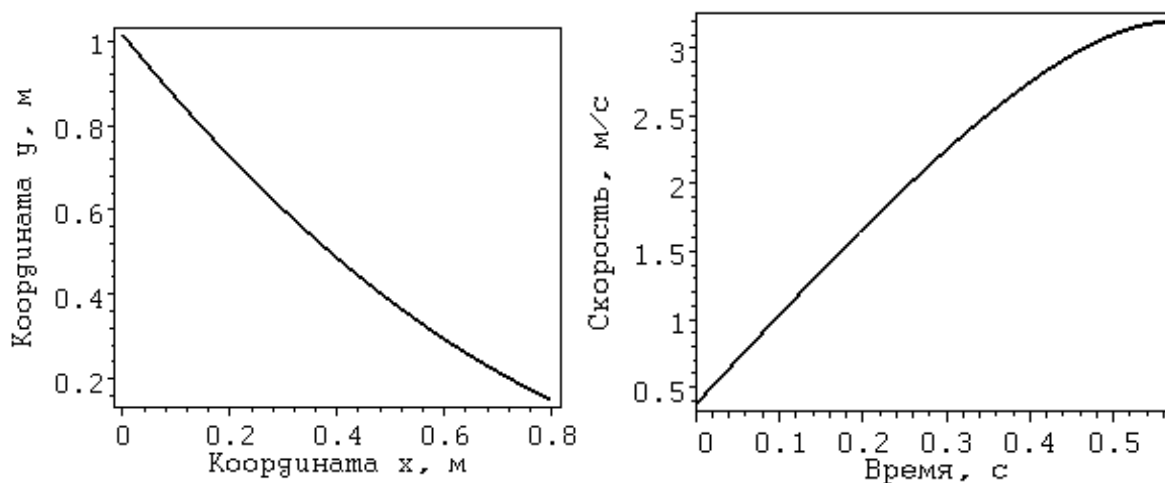


Рис. 2. Траектория движения и скорость частицы

Анализ графиков траектории движения и скорости частицы позволяет сделать вывод, что экспериментальная траектория движения практически полностью совпадает с заданной (сходимость порядка 99%), а время движения по этой кривой составляет 0,567 с, при этом скорость движения частицы возрастает до 3,2 м/с, что говорит о ее значительном изменении, вследствие чего возникают неблагоприятные последствия при движении зернового потока.

Увеличение скорости движения также может приводить к ухудшению качества сева за счет образования заторов в сеялках при движении зернового потока, а снижение скорости – даже к прекращению работы высевальных аппаратов. В связи с этим наиболее рациональной поверхностью является та, по которой частица или элемент массы зернового вороха будут двигаться с постоянной кинематической скоростью.

*Выбор кривой, по которой движение происходит с постоянной скоростью*

На плоскости, представленной на рисунке 1, зададимся двумя точками кривой: начальная – с координатами  $(x_0; y_0)$  и конечная – с координатами  $(x_k; y_k)$ .

Некоторая частица должна двигаться от начальной к конечной точке по криволинейной траектории с постоянной скоростью  $v$ , равной начальной скорости попадания. Тогда уравнение движения частицы в направлении касательной к кривой будет иметь следующий вид:

$$m \frac{dv}{dt} = mg \sin \alpha - F_{\text{тр}}. \quad (15)$$

Сила трения  $F_{\text{тр}} = kN$ ,

где  $k$  – коэффициент трения;

$N$  – нормальная реакция.

$$N = \frac{mv^2}{\rho} + mg \cdot \cos \alpha. \quad (16)$$

С учетом выражения (16) преобразуем уравнение (15):

$$\frac{dv}{dt} = g \sin \alpha - \frac{kv^2}{\rho} - k \cdot g \cos \alpha, \quad (17)$$

где  $v = \left( \frac{dx}{dt} \right) \cdot \sqrt{1 + y_x'^2}$ .

Так как скорость на всем участке движения должна быть постоянной, должно выполняться равенство  $\frac{dv}{dt} = 0$ , что приводит уравнение (17) к следующему виду:

$$g \sin \alpha - \frac{kv^2}{\rho} - k \cdot g \cos \alpha = 0. \quad (18)$$

Используя указанные ранее представления  $\sin \alpha$ ,  $\cos \alpha$  и  $\rho$  через производные искомой функции, получаем

$$y'' = -\frac{g}{v^2} \left( 1 + \frac{y'}{k} \right) (1 + y'^2). \quad (19)$$

Граничные условия

$$y(x_0) = y_0, \quad y(x_k) = y_k \quad (20)$$

закрывают полученную задачу.

В силу квазилинейности уравнения (19) полученную граничную задачу мы численно решили известным методом, суть которого заключается в задании производной в начальной точке траектории  $y'(x_0) = \alpha$ , где  $\alpha < 0$ , так как функция  $y(x)$  очевидно убывающая.

Полученная задача Коши решается численным методом, после чего вычисляется значение  $y(x_k)$ . Эта величина сравнивается с заданным значением  $y_k$  и корректируется производная в начальной точке траектории. Данный алгоритм носит название «метод пристрелки». Этот итерационный процесс продолжается до тех пор, пока полученное значение  $y(x_k)$  не приблизится к значению  $y_k$  на заданную величину.

Следует отметить, что искомая функция далеко не всегда существует. Это зависит как от положения начальной и конечной точек траектории, так и начальной скорости движения частицы.

На рисунках 3 и 4 представлены траектории кривых, определенных по формуле (19) при различных значениях  $a$  и двух значениях скоростей. Как видно из этих графиков, при уменьшении начальной скорости движения частицы возможность варьирования конечных координат  $(x_k; y_k)$  значительно сужается.

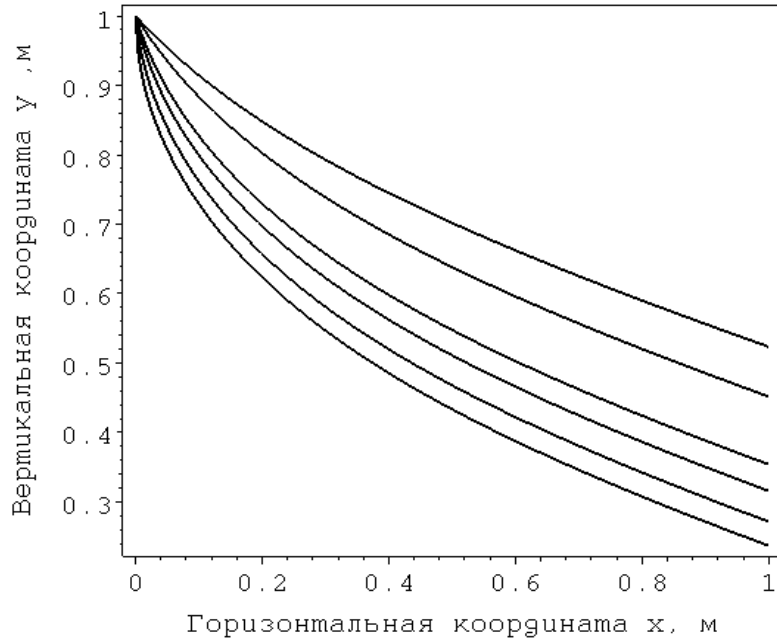


Рис. 3. Возможные траектории движения при  $v = 3,5$  м/с при различных  $\alpha$

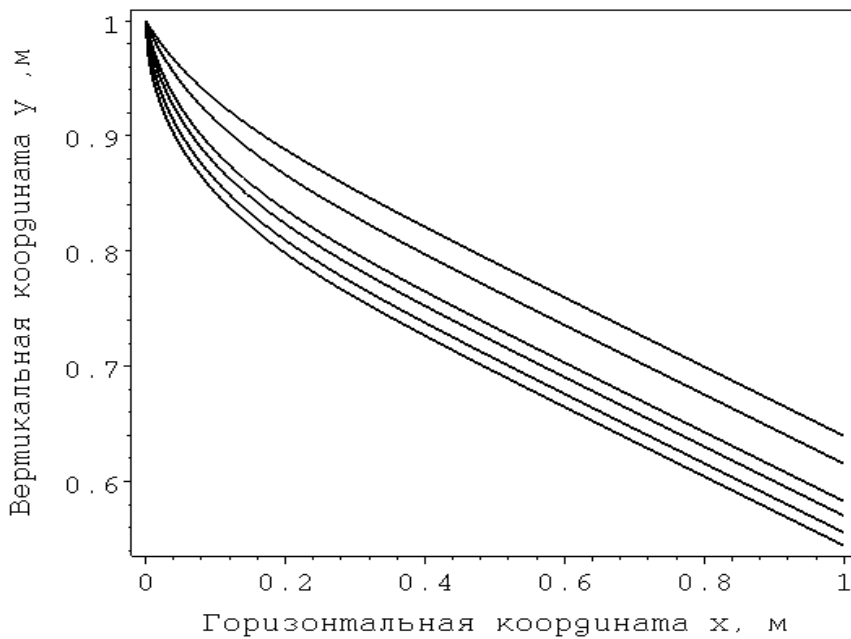


Рис. 4. Возможные траектории движения при  $v = 2$  м/с при различных  $\alpha$

Рассмотрим следующий пример.

Пусть  $x_0 = 0$ ,  $y_0 = 0,107$  м,  $x_k = 0,0748$  м,  $y_k = 0$ ,  $v = 1,7$  м/с.

Решение выражений (19) и (20) с помощью указанного выше алгоритма дает численную функцию, аналитическая аппроксимация которой имеет вид

$$y(x) = \frac{0.00081}{x + 0.0125} - 0.643x + 0.0379. \quad (21)$$

Выбор аппроксимирующей функции обусловлен сложностью вида численного решения и позволяет получить достаточную точность приближения, относительная погрешность которого не превышает 2%.

На рисунке 5 представлено наложение графиков численно полученной функции траектории движения и ее аналитической аппроксимации.

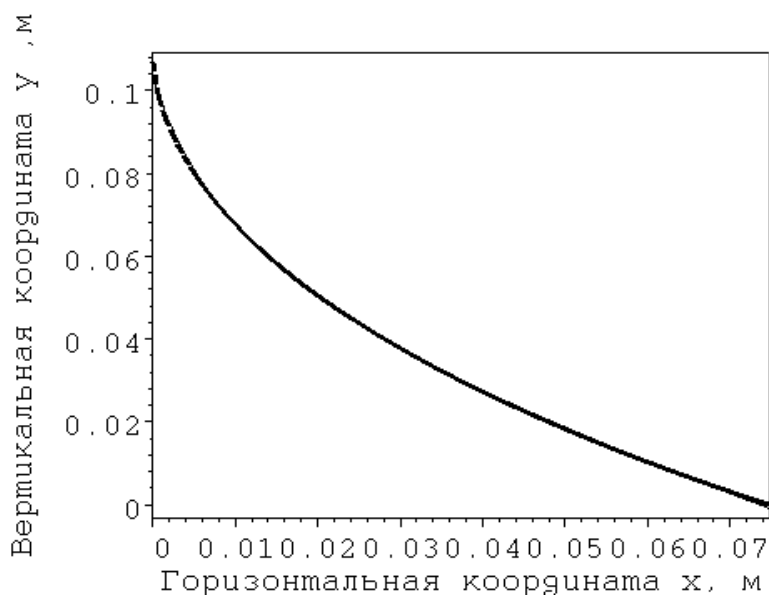


Рис. 5. Траектория движения (численная и аппроксимированная)

Как видно из данных рисунка 5, кривые практически совпадают. Необходимость получения аппроксимирующей функции вызвано тем, что для анализа адекватности полученной траектории в уравнении (11) должен быть использован аналитический вид функции  $y(x)$ .

С целью проверки эффективности выбранной траектории движения подставим функцию (21) в уравнение (11) с соответствующими начальными условиями. Получаем следующее уравнение:

$$\ddot{x} = \frac{\left( g + \frac{0.00162\dot{x}^2}{(0.0125+x)^3} \right) \left( 0.343 + \frac{0.000812}{(0.0125+x)^2} \right)}{1 + \left( \frac{0.000812}{(0.0125+x)^2} + 0.643 \right)^2}. \quad (22)$$

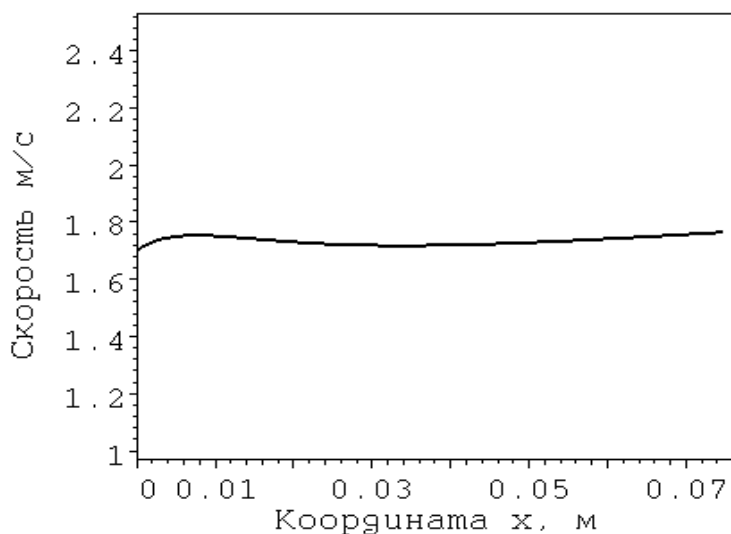


Рис. 6. Скорость частицы при движении по кривой

Анализ рисунка 6 позволяет сделать вывод о том, что представленный закон изменения скорости движения частицы по траектории, графически представленный на рисунке 5 и описываемый уравнением (22), показывает, что скорость движения частицы остается практически неизменной в зависимости от времени движения до достижения конечной точки поверхности и варьирует от 1,71 до 1,79 м/с, что и доказывает верность полученной траектории движения. Незначительный всплеск в начале вызван аппроксимирующим приближением численно полученной реальной траектории.

### **Выводы**

Предложенный подход к математическому моделированию движения частиц по криволинейным поверхностям дает возможность при дальнейших исследованиях рассчитывать параметры процесса движения частиц по разнообразным траекториям.

С использованием уравнений Лагранжа первого рода выведены уравнения движения частиц по шероховатым поверхностям криволинейных направляющих. Численное решение полученных уравнений с соответствующими начальными условиями позволило сделать вывод о значительных изменениях скорости движения частиц.

В случае применения криволинейных направляющих в качестве подающих устройств в сошниковую зону сеялки более предпочтительными являются кривые, по которым частицы движутся с постоянной скоростью, что исключает завалы и позволяет создавать оптимальные режимы работы машин и механизмов.

Приведены уравнения для расчета кривых и представлена проверка постоянства скорости движения.

Указанные криволинейные поверхности могут быть использованы при конструировании высевающих аппаратов сеялок точного высева, а также сепарационных решет при послеуборочной очистке зерна, в частности в гравитационных сепараторах.

---

### **Список источников**

1. Бричагина А.А., Ильин С.Н., Пальвинский В.В. Моделирование технологического процесса высевающего аппарата зерновой сеялки // Вестник Красноярского ГАУ. 2016. № 11(122). С. 67–71.
2. Бунеев С.С., Никонов М.В., Клапп А.В., Никонов А.М. Выбор параметров решет машин для очистки и сепарации зерна и семян // Агропромышленные технологии Центральной России. 2019. № 3(13). С. 78–82. DOI 10.24888/2541-7835-2019-13-78-81.
3. Иванов П.А., Сафаров Р.Р., Жигайлов А.В., Курило Е.В. Теоретические исследования движения семени по криволинейному участку распределителя // АгроЭкоИнфо. 2021. № 3(45). С. 1–6. DOI: 10.51419/20213323.
4. Казаров К.Р., Астанин В.К., Черников В.А. и др. Движение вороха семян сахарной свеклы на гравитационном сепараторе с заданной криволинейной поверхностью // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2011. № 4(31). С. 51–54.
5. Кирова Ю.З., Киров В.А., Брумин А.З. Исследование законов движения семян по криволинейной поверхности скребка высевающего аппарата // Инновационные достижения науки и техники АПК: сборник научных трудов международной научно-практической конференции (Самара, 11–12 декабря 2019 г.). Самара: ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2019. С. 394–397.
6. Леженкин А.Н., Серый И.А., Коломиец С.М., Рубцов Н.А. Теоретический анализ движения слоя почвы по криволинейной рабочей поверхности рыхлителя // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. 2019. Т. 19, № 3. С. 115–120. DOI: 10.31388/2078-0877-19-3-115-120.
7. Михайлов В.С., Шацкий В.П., Козлов В.Г. О движении частиц по криволинейным поверхностям // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 181. С. 105–115. DOI 10.21515/1990-4665-181-011.
8. Попов А.Е. К вопросу о моделировании движения элемента потока в гравитационном сепараторе // СЕВЕРГЕОЭКОТЕХ-2011: материалы XII международной молодежной научной конференции (Ухта, 16–18 марта 2011 г.). В 5 ч. Ухта: Ухтинский государственный технический университет, 2011. Ч. 1. С. 266–268.
9. Спирина Н.Г., Попов А.Е., Шацкий В.П. О форме решет гравитационных сепараторов // Современные тенденции развития науки и технологий. Периодический научный сборник по материалам X международной научно-практической конференции (Белгород, 31 января 2016 г.). Белгород: Агентство перспективных научных исследований, 2016. № 1–4. С. 125–128.

10. Шацкий В.П., Орбинский В.И., Попов А.Е. Моделирование движения зернового потока в гравитационном сепараторе // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2015. № 4(47). С. 72–79.
11. Ямпиллов С.С., Балданов В.Б., Цыдендоржиев Б.Д., Сергеев Ю.А. Математическая модель процесса сепарации зернового материала гравитационным сепаратором // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления (ВСГУТУ). 2013. № 5(44). С. 85–90.
12. Ямпиллов С.С., Хандакова Г.Ж. Интенсификация процесса сепарации зерна решетками: монография. Улан-Удэ: Изд-во ФГБОУ ВПО ВСГУТУ, 2014. 155 с.
13. Badretdinov I., Mudarisov S., Lukmanov R. et al. Mathematical modeling and study of the grain cleaning machine sieve frame operation // INMATEH - Agricultural Engineering. 2020. Vol. 60(1). Pp. 19–28. DOI: 10.35633/INMATEH-60-02.
14. Kharchenko S., Borshch Y., Piven M. et al. Modeling of aerodynamic separation of preliminarily stratified grain mixture in vertical pneumatic separation duct // Applied Sciences (Switzerland). 2021. Vol. 11(10). Article No. 4383. DOI: 10.3390/app11104383.
15. Shatsky V.P., Orobinsky V.I., Axeonov I.I., Kornev A.S. Analysis of the beats of separation sieve pans // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Series: International Conference on Engineering Studies and Cooperation in Global Agricultural Production, ESCGAP 2020 (Zernograd, Rostov Oblast, August 27-28, 2020). IOP Publishing Ltd, 2021. Vol. 659(1). Article No. 012106. DOI: 10.1088/1755-1315/659/1/012106.
16. Stoica D., Voicu G., Carp-Ciocordia C., Constantin G.A. Analysis of separation curves for a conical sieve with a vertical shaft and oscillation movement // Actual Tasks on Agricultural Engineering. Proceedings of the 42<sup>nd</sup> International Symposium on Agricultural Engineering. 2014. Vol. 1. Pp. 263–272.
17. Stoica D., Voicu G., Popa L., Constantin G., Tudor P. Assessment indices for the efficiency of the separation process on a sieve with conical separation surface // INMATEH - Agricultural Engineering. 2020. Vol. 60(1). Pp. 193–200.

## References

1. Brichagina A.A., Ilyin S.N., Palvinsky V.V. Modelirovanie tekhnologicheskogo protsessa vysevyayushchego apparata zernovoy seyalki [Design of technological process seed-sowing device of grain drill]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University*. 2016;11(122):67-71. (In Russ.).
2. Buneev S.S., Nikonov M.V., Klapp A.V., Nikonov A.M. The choice of parameters of sieve machines for cleaning and separation of grains and seeds. *Agropromyshlennye tekhnologii Tsentral'noj Rossii = Agro-Industrial Technologies of Central Russia*. 2019;3(13):78-81. DOI: 10.24888/2541-7835-2019-13-78-81. (In Russ.).
3. Ivanov P.A., Safarov R.R., Zhigailov A.V., Kurilo E.V. Teoreticheskie issledovaniya dvizheniya semeni po krivolinejnomu uchastku raspredelitelya [Theoretical studies of the movement of the seed along a curved section of the distributor]. *AgroEkolInfo = AGROEKOINFO*. 2021;3(45):1-6. DOI: 10.51419/20213323. (In Russ.).
4. Kazarov K.R., Astanin V.K., Chernikov V.A. et al. Dvizhenie vorokha semyan sakharnoj svekly na gravitatsionnom separatore s zadannoj krivolinejnoy poverkhnost'yu [Movement of a sugar beet seeds heap alongside the given curvilinear surface of gravity separator]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2011;4(31):51-54. (In Russ.).
5. Kirova Yu.Z., Kirov V.A., Brumin A.Z. Issledovanie zakonov dvizheniya semyan po krivolinejnoy poverkhnosti skrebka vysevyayushchego apparata [Investigation of the laws of seed motion along the curved surface of the seeding machine scraper]. *Innovatsionnye dostizheniya nauki i tekhniki APK: sbornik nauchnykh trudov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii (Samara, 11-12 dekabrya, 2019) [Innovative achievements of science and technology of the Agro-Industrial Complex: Collection of scientific papers of the International Research-to-Practice Conference (Samara, December 11-12, 2019)]*. Samara: Samara State Agrarian University Press; 2019:394-397. DOI: 10.31388/2078-0877-19-3-115-120. (In Russ.).
6. Lezhenkin A.N., Seryy I.A., Kolomiyyets S.M., Rubtsov N.A. Teoreticheskij analiz dvizheniya sloya pochvy po krivolinejnoy rabochej poverkhnosti rykhlytel'ya [Theoretical analysis of movement of the soil layer on the curved working surface of the cultivator]. *Praci Tavrijs'kogo Derzhavnogo agrotekhnologichnogo universitetu = Proceedings of Tavrichesky State Technological University*. 2019;3(19):115-120.
7. Mikhailov V.S., Shatsky V.P., Kozlov V.G. O dvizhenii chastits po krivolinejnym poverkhnostyam [On the motion of particles on curved surfaces]. *Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2022;181:105-115. DOI 10.21515/1990-4665-181-011. (In Russ.).
8. Popov A.E. K voprosu o modelirovanii dvizheniya elementa potoka v gravitatsionnom separatore [On the issue of modeling the motion of a flow element in a gravitational separator]. *SEVERGEOEKOTEKH-2011: materialy XII mezhdunarodnoj molodezhnoj nauchnoj konferentsii (Uhta, 16-18 marta 2011 g.). V 5 ch. [SEVERGEOECOTECH-2011: Proceedings of the XII International Youth Scientific Conference (Ukhta, March 16-18, 2011)]*. In 5 volumes. Ukhta: Ukhta State Technical University Press; 2011;5:266-268. (In Russ.).
9. Spirina N.G., Popov A.E., Shatsky V.P. O forme reshet gravitatsionnykh separatorov [Concerning the shape of gravitational separators]. *Sovremennye tendentsii razvitiya nauki i tekhnologii. Periodicheskij nauchnyj sbornik po materialam X mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii (Belgorod, 31 yanvarya 2016 g.) [Modern trends in the development of science and technology. Periodic scientific collection of the X International Research-to-Practice Conference (Belgorod, January 31, 2016)]*. Belgorod: Agency for Advanced Scientific Research Press; 2016;1-4:125-128]. (In Russ.).

10. Shatsky V.P., Orobinsky V.I., Popov A.E. Modelirovanie dvizheniya zernovogo potoka v gravitatsionnom separatore [Simulation of grain flow motion in a gravitational separator]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2015;4(47):72-79. (In Russ.).
11. Yampilov S.S., Baldanov V.B., Tsydendorzhiev B.D., Sergeev Yu.A. Matematicheskaya model' protsessa separatsii zernovogo materiala gravitatsionnym separatorom [Mathematical model of grain separation with a gravity separator]. *Vestnik Vostochno-Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i upravleniya (VSGUTU) = The Bulletin of East Siberia State University of Technology and Management (ESSUTM)*. 2013;5(44):85-90. (In Russ.).
12. Yampilov S.S., Khandakova G.J. Intensifikatsiya protsessa separatsii zerna reshetami: monografiya [Intensification of the process of grain separation by sieves: monograph]. Ulan-Ude: East Siberia State University of Technology and Management Press; 2014. 155 p. (In Russ.).
13. Badretdinov I., Mudarisov S., Lukmanov R. et al. Mathematical modeling and study of the grain cleaning machine sieve frame operation. *INMATEH - Agricultural Engineering*. 2020;60(1):19-28. DOI: 10.35633/INMATEH-60-02.
14. Kharchenko S., Borshch Y., Piven M. et al. Modeling of aerodynamic separation of preliminarily stratified grain mixture in vertical pneumatic separation duct. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2021;11(10):4383. DOI: 10.3390/app11104383.
15. Shatsky V.P., Orobinsky V.I., Axonov I.I., Kornev A.S. Analysis of the beats of separation sieve pans. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Series: International Conference on Engineering Studies and Cooperation in Global Agricultural Production, ESCGAP 2020 (Zemograd, Rostov Oblast, August 27-28, 2020)*. IOP Publishing Ltd, 2021;659(1):012106. DOI: 10.1088/1755-1315/659/1/012106.
16. Stoica D., Voicu G., Carp-Ciocordia C., Constantin G.A. Analysis of separation curves for a conical sieve with a vertical shaft and oscillation movement. *Actual Tasks on Agricultural Engineering. Proceedings of the 42<sup>nd</sup> International Symposium on Agricultural Engineering*. 2014;1:263–272.
17. Stoica D., Voicu G., Popa L., Constantin G., Tudor P. Assessment indices for the efficiency of the separation process on a sieve with conical separation surface. *INMATEH - Agricultural Engineering*. 2020;60(1):193-200.

#### **Информация об авторах**

В.С. Михайлов – соискатель кафедры эксплуатации транспортных и технологических машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», voh\_a@mail.ru.

В.Г. Козлов – доктор технических наук, зав. кафедрой эксплуатации транспортных и технологических машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», vya-kozlov@yandex.ru.

Н.М. Дерканосова – доктор технических наук, профессор, проректор по учебной работе, зав. кафедрой товароведения и экспертизы товаров ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, commerce05@list.ru.

А.С. Куликов – соискатель кафедры эксплуатации транспортных и технологических машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», kulikov\_a\_s@mail.ru.

Е.В. Козлова – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры прикладной механики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», nasevl@mail.ru.

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

V.S. Mikhailov, Candidate Degree Seeking Applicant, the Dept. of Transport and Technological Machines Operation, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, voh\_a@mail.ru.

V.G. Kozlov, Doctor of Engineering Sciences, Head of the Dept. of Transport and Technological Machines Operation, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, vya-kozlov@yandex.ru.

N.M. Derkanosova, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Pro-Rector for Academic Affairs, Head of the Dept. of Merchandizing and Expert Examination of Goods, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, commerce05@list.ru.

A.S. Kulikov, Candidate Degree Seeking Applicant, the Dept. of Transport and Technological Machines Operation, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, kulikov\_a\_s@mail.ru.

E.V. Kozlova, Candidate of Engineering Sciences, Senior Lecturer, the Dept. of Applied Mechanics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, nasevl@mail.ru.

**Статья поступила в редакцию 14.03.2023; одобрена после рецензирования 19.04.2023; принята к публикации 28.04.2023.**

**The article was submitted 14.03.2023; approved after reviewing 19.04.2023; accepted for publication 28.04.2023.**

© Михайлов В.С., Козлов В.Г., Дерканосова Н.М., Куликов А.С., Козлова Е.В., 2023

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

Научная статья

УДК 629.3.072.2

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2023\_2\_116

EDN: UVVOLI

### Обоснование геометрических параметров рулевой трапеции колесной машины

**Александр Николаевич Беляев<sup>1✉</sup>, Владимир Иванович Оробинский<sup>2</sup>,  
Татьяна Владимировна Тришина<sup>3</sup>, Павел Викторович Шередекин<sup>4</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup>Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,  
Воронеж, Россия

<sup>4</sup>Институт защиты семян компании «Сингента», Рамонский район,  
Воронежская область, Россия

<sup>1</sup>aifkm\_belyaev@mail.ru, aifkm@agroeng.vsau.ru✉

**Аннотация.** Представлен анализ рычажных механизмов, используемых в конструкциях транспортных средств для поворота управляемых колес, описаны их конструктивные особенности и принципы работы. Исходя из условий соблюдения «чистого» качения управляемых колес на повороте, обеспечения необходимых маневренности, устойчивости и управляемости сформулированы требования, предъявляемые к рулевому приводу. Обосновано, что применение трапецеидального рычажного механизма в системе рулевого управления колесной машины позволяет создавать требуемые углы поворота управляемых колес для совершения правильного поворота при определенных для транспортного средства геометрических характеристиках. Изложен алгоритм подбора рациональных параметров рулевой трапеции и особенности ее геометрических характеристик при изменении ширины колеи транспортного средства. Выявлено, что изменение расстояния между осями шкворней приводит к нарушению оптимальных геометрических параметров рычажного механизма рулевой трапеции, соответствующих условиям обеспечения качения всех колес транспортного средства без бокового скольжения, приводящего к дополнительному износу шин колес, увеличению затрат мощности двигателя на преодоление возросшего дополнительного сопротивления повороту машины. В качестве примера рассмотрен трактор Беларусь-80.1, для которого при предусмотренном конструктивным изменении ширины колеи передних управляемых колес в интервале от 1350 до 1750 мм лишь одно из положений колес, соответствующее ширине колеи 1350 мм, удовлетворяет условиям правильной кинематики криволинейного движения. Следовательно, для того чтобы транспортное средство выполняло поворот с заданным радиусом и с неизменной силой тяги ведущих колес, необходимо внести изменения в конструкцию системы рулевого управления, которые позволили бы обеспечивать подбор не только длин поперечной рулевой тяги, но и поворотных рулевых рычагов, а также углов их наклона к продольной оси машины.

**Ключевые слова:** колесная машина, рычажный механизм, рулевая трапеция, управляемые колеса, поворот, радиус, колея, тяга, рычаг

**Для цитирования:** Беляев А.Н., Оробинский В.И., Тришина Т.В., Шередекин П.В. Обоснование геометрических параметров рулевой трапеции колесной машины // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 2(77). С. 116–123. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_116-123](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_116-123).

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

Original article

### Substantiation of geometric parameters of steering linkage of a wheeled vehicle

**Aleksandr N. Belyaev<sup>1✉</sup>, Vladimir I. Orobinsky<sup>2</sup>, Tatiana V. Trishina<sup>3</sup>, Pavel V. Sheredekin<sup>4</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup>Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

<sup>4</sup>The Seedcare Institute, Syngenta Global, Science-Based Agtech Company,  
Ramonsky District, Voronezh Oblast, Russia

<sup>1</sup>aifkm\_belyaev@mail.ru, aifkm@agroeng.vsau.ru✉

**Abstract.** The authors presented the findings of analysis of steer axle linkage used in vehicle designs for turning steering wheels; described their design features and principles of operation; formulated requirements for steering gear connection subject to compliance with the pure rolling of the steering wheels at turning, ensuring the necessary amount of maneuverability, stability and controllability; proved that the use of a trapezoidal linkage mechanism in the steering system of a wheeled vehicle makes it possible to create the required rotation angles of



the steering wheels to ensure the correct turning with geometric characteristics defined for the vehicle; explained the algorithm for selecting rational parameters of the steering linkage and the features of its geometric characteristics when the wheel center distance of the vehicle is changed; revealed that the change in the distance between steering axes leads to a violation of the optimal geometric parameters of the linkage mechanism of the steering linkage, corresponding to the conditions for ensuring all wheels of the vehicle rolling without lateral sliding, leading to additional tire wear of the wheels, to an increase in the cost of engine power to overcome the increased additional resistance to vehicle turning. As an example, the Belarus-80.1 tractor is considered, for which, with the provided design change in the front steerable wheels gauge in the range from 1350 to 1750 mm, only one of their positions corresponding to the track gauge of 1350 mm meets the requirements of correct kinematics of curvilinear motion. Consequently, in order for the vehicle to rotate with a given radius and with constant traction force of the steering wheels, it is necessary to make changes to the design of the steering system aimed at selecting not only the lengths of the transverse steering rod, but also the rotary steering rod arms, as well as the angles of their inclination to the longitudinal axis of the vehicle.

**Keywords:** wheeled vehicle, steer axle linkage, steering linkage, steering wheels, turning, radius, gauge, traction force, rod arm

**For citation:** Belyaev A.N., Orobinsky V.I., Trishina T.V., Sheredekin P.V. Substantiation of geometric parameters of steering linkage of a wheeled vehicle. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(2):116-123. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_116-123](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_116-123).

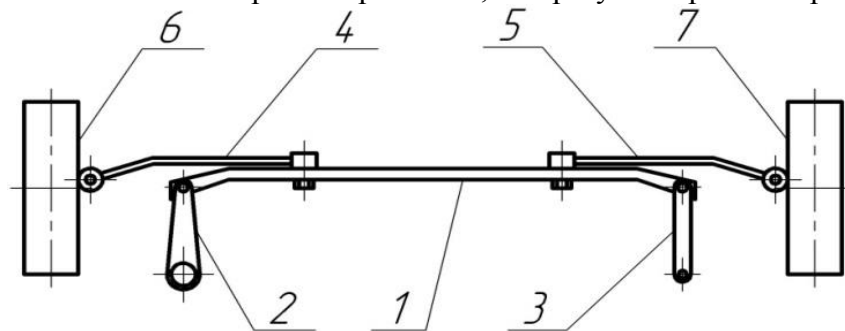
## Введение

Рулевое управление относится к одной из базовых систем транспортного средства, основным назначением которой является выполнение поворота и поддержание заданного водителем направления движения. Для обеспечения хорошей маневренности транспортного средства и необходимых для этого углов поворота управляемых колес служат различные конструкции рычажных механизмов рулевых приводов, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки, но из них можно выделить две принципиально отличающиеся схемы:

- параллелограммный механизм рулевого привода;
- трапецеидальный механизм рулевого привода [4, 5, 11, 12, 13, 14].

### Методика исследования

На рисунке 1 приведен параллелограммный механизм рулевого привода, применяемый в основном на автомобилях с независимой подвеской с передними управляемыми колесами и получивший свое название потому, что входящие в него средняя поперечная рулевая тяга 1 и поворотные рычаги 2, 3 образуют параллелограмм [14].



**Рис. 1. Параллелограммный механизм рулевого привода:**  
 1 – средняя поперечная рулевая тяга; 2, 3 – поворотные рычаги;  
 4, 5 – боковые поперечные рулевые тяги; 6, 7 – управляемые колеса

Детали рулевого механизма вращают поворотный рычаг 2 (за свободный на схеме конец) вокруг шарнира, закрепленного на остова колесной машины (как правило, на ее передней оси). Второй конец этого рычага, соединенный шарнирно со средней поперечной рулевой тягой 1, перемещает ее в ту или иную сторону вместе с боковыми поперечными рулевыми тягами 4 и 5, шарнирно соединенными одним концом с ней, а вторым – с цапфами (ступицами) управляемых колес. Для согласованной работы звеньев механизма второй конец тяги 1 подвижно соединен с поворотным рычагом 3, который, в свою очередь, также, как и звено 2, свободным на схеме концом шарнирно соединен с корпусом

машины. Таким образом, поворот каждого колеса осуществляется одним рычагом, который присоединяется к поворотным кулакам или шкворням цапфы управляемого колеса с помощью или шпоночного паза, или шлицов, или фиксирующего конуса.

Недостатком параллелограммного механизма является то, что его применение не позволяет осуществить поворот внутреннего 5 и наружного 6 управляемых колес на разные углы.

Известно, что для обеспечения качения всех колес машины без бокового скольжения их мгновенный центр поворота должен лежать на пересечении осей вращения всех колес [6, 9, 10] (рис. 2).

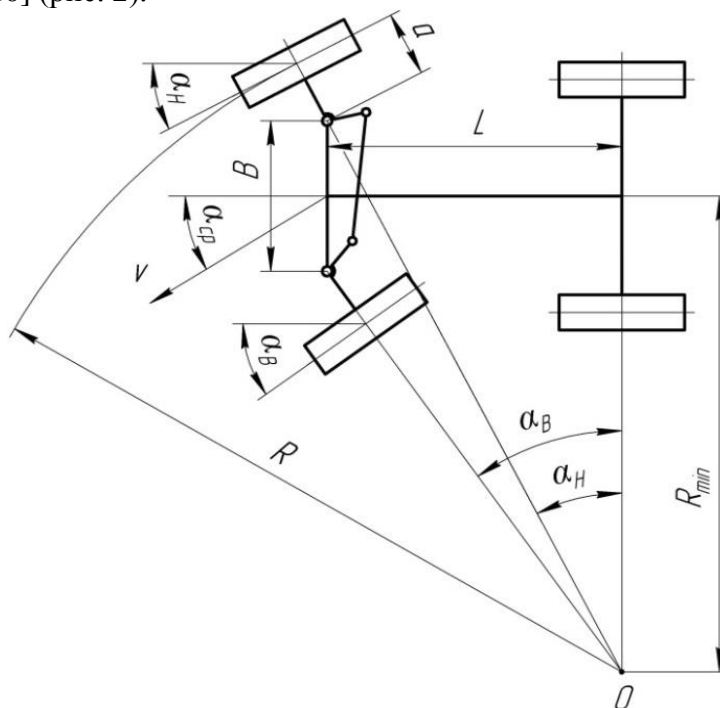


Рис. 2. Кинематика поворота колесной машины с жесткими передними управляемыми колесами

Для наиболее распространенной схемы поворота тракторов и автомобилей (рис. 2) наружный  $\alpha_H$  и внутренний  $\alpha_B$  углы поворота колес должны быть связаны следующей зависимостью [4, 5, 6, 9, 10]:

$$\operatorname{ctg} \alpha_H - \operatorname{ctg} \alpha_B = B / L, \quad (1)$$

где  $L$  – продольная база машины, м;

$B$  – расстояние между осями шкворней, м.

Продольная база машины определяется из условия ее поворота без подтормаживания с заданным минимальным теоретическим радиусом  $R_{\min}$  (рис. 2)

$$L = R_{\min} \operatorname{tg} \alpha_{\text{cp}}, \quad (2)$$

где  $\alpha_{\text{cp}}$  – средний угол поворота управляемых колес.

Для создания условий, обеспечивающих требуемые маневренность, устойчивость и управляемость, необходимо знать значение угла  $\alpha_{\text{cp}} = 30\text{--}35^\circ$ . Его можно определить, при необходимости выполнения расчетов достаточно высокой степени точности, например, из следующей формулы [2]:

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{cp}} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_{B \max} (2R_{\min} - B)}{2R_{\min}}, \quad (3)$$

или с точностью до 2% как полусумму максимальных внутреннего и наружного углов [2, 6, 10]

$$\alpha_{\text{cp}} = (\alpha_{B \max} + \alpha_{H \max}) / 2. \quad (4)$$

Угол  $\alpha_{B \max}$  ограничивается по условиям компоновки машины лонжероном рамы или продольной балкой основания несущего кузова и определяется по формуле (рис. 2)

$$\alpha_{B \max} = \arctg (L / (\sqrt{(R - a)^2 - L^2} - B)), \quad (5)$$

где  $a$  – плечо обката колеса вокруг шкворня, м;

$R$  – наименьший радиус поворота – по оси следа наружного колеса.

Подстановкой  $\alpha_{B \max}$  (2) в (1) можно определить  $\alpha_{H \max}$ .

Для обеспечения необходимых углов поворота управляемых колес и соотношения между ними в конструкциях подавляющего большинства современных транспортных средств используется трапецидальный рычажный механизм рулевого привода, включающий переднюю ось 1 машины, поворотные рычаги 2 и 3, соединенные со шкворнями цапф управляемых колес, и поперечную рулевую тягу 4 (рис. 3, а) [3, 7]. При повороте ступиц поворотными рычагами они вместе с установленными на ней управляемыми колесами 5 и 6 поворачиваются вокруг шкворня (рис. 3, б).

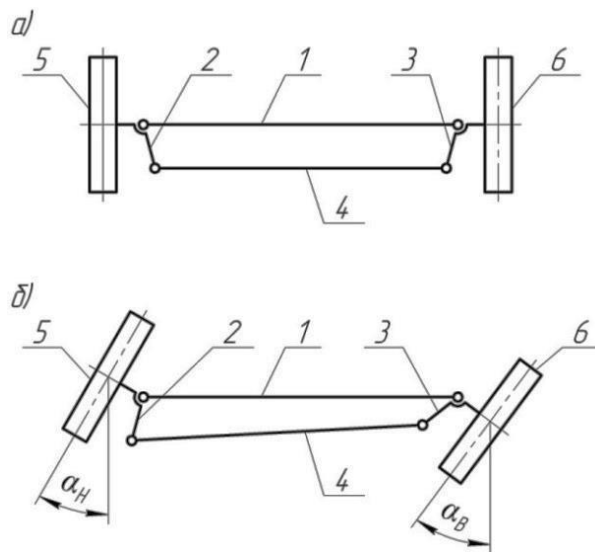


Рис. 3. Кинематическая схема рулевой трапеции:  
1 – передняя ось; 2, 3 – поворотные рычаги;  
4 – поперечная рулевая тяга; 5, 6 – управляемые колеса

### Результаты и их обсуждение

Требуемые углы поворота колес должны обеспечиваться подбором длин поперечной рулевой тяги 4 и поворотных рулевых рычагов 2 и 3, а также угла их наклона к продольной оси машины.

Подбор параметров рулевой трапеции (шкворневой колеи  $B$ , расстояния  $n$  между центрами шаровых шарниров, длин рычагов поворотных цапф  $m$  и угла их наклона  $\Theta$ ) проводится при рассмотрении схемы поворота машины с жесткими в боковом направлении управляемыми колесами (рис. 4), хотя, очевидно, упругие свойства их шин оказывают некоторое влияние на кинематику и динамику криволинейного движения [4, 11].

При этом боковые поворотные рычаги должны устанавливаться таким образом, чтобы точка пересечения их продолжения с продольной осью машины лежала при заднем расположении трапеции на расстоянии  $b = 0,7-0,8 L$  от передней оси, а при переднем –  $b = 0,8-1,0 L$ . Это достигается созданием одинакового угла наклона  $\Theta$  этих рычагов к продольной оси машины, который зависит от  $L$  и  $B$ :

$$\Theta = \arctg((2 (\sin \alpha_{H \max} - \sin \alpha_{B \max})) / (1 - (\cos \alpha_{B \max} - \cos \alpha_{H \max}))). \quad (6)$$

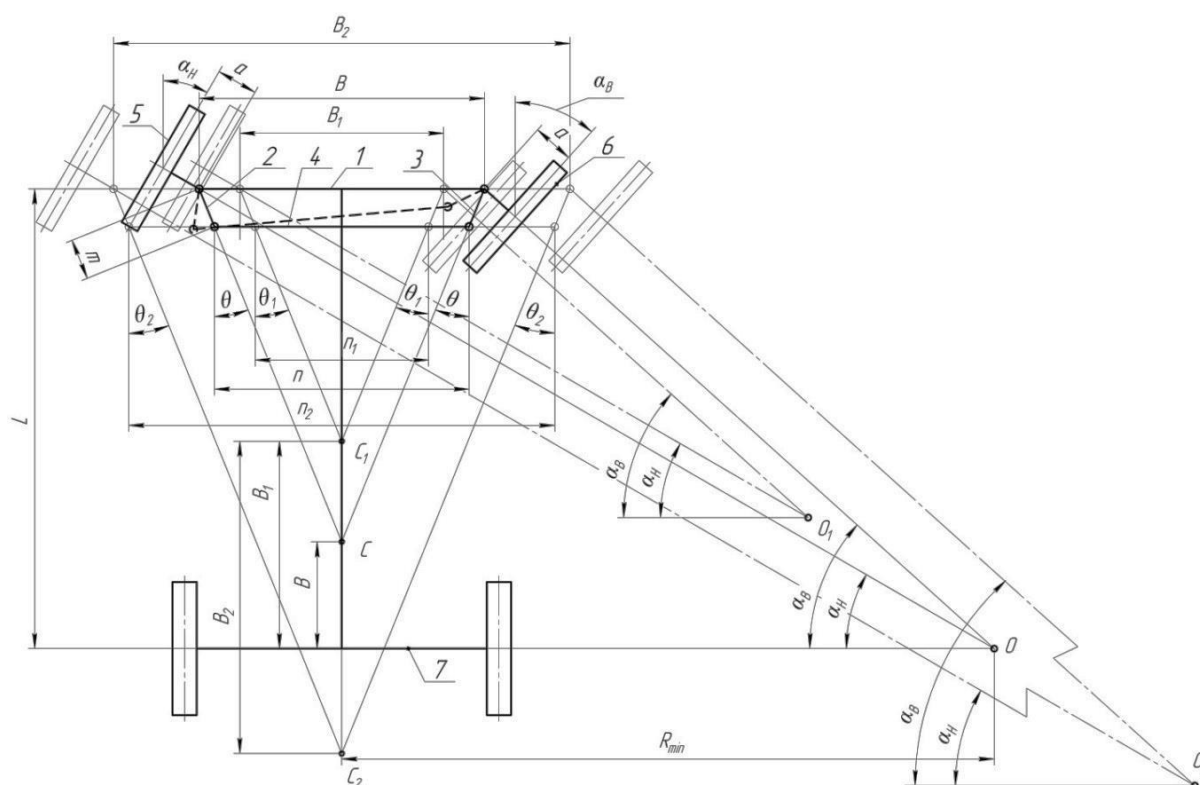
Существующие конструкции имеют следующие параметры:

- $\Theta = 16\text{--}26^\circ$ ,
- отношение длины поворотной тяги к длине поперечной тяги  $m/n = 0,12\text{--}0,16$ ,
- длина рычагов  $m = (0,16\text{--}0,25) B_{\min}$ , где  $B_{\min}$  – минимальная колея машины при ее изменении.

Длина  $m$  принимается максимально большей по условиям компоновки. Тогда

$$n = B / (1 + 2m/n \sin \Theta). \quad (7)$$

В конструкциях некоторых транспортных средств, например пропашных колесных тракторов, предусмотрено изменение ширины колеи [1, 8], в результате чего приходится изменять длину поперечной тяги, что, однако, не позволяет сохранить рациональные параметры рулевой трапеции (рис. 4).



**Рис. 4. Схема поворота колесной машины с переменной шириной колеи: 1 – передняя ось; 2, 3 – поворотные рычаги; 4 – поперечная рулевая тяга; 5, 6 – управляемые колеса; 7 – задний мост**

Для сохранения требуемой кинематики поворота управляемых колес необходимо также изменение длин боковых поворотных рычагов и угла их наклона к продольной оси машины, что не предусмотрено в конструкциях. Чтобы изменение ширины колеи создавало как можно меньшее боковое скольжение управляемых колес, как правило, оптимальные параметры рулевой трапеции устанавливаются для ее наиболее часто применяемой величины.

Рациональные параметры рулевой трапеции транспортного средства, приведенной на рисунке 4, установлены при среднем значении расстояния между осями шкворней  $B$ . Как уменьшение шкворневой колеи до  $B_1$ , так и ее увеличение до  $B_2$  приводят к нарушению исходной геометрии трапеции и, следовательно, кинематики поворота: мгновенные центры поворота  $O_1$  и  $O_2$  при этом не лежат на продолжении задней оси машины, точки пересечения продолжения боковых поворотных тяг выходят за пределы

рекомендуемых положений: в одном случае (точка  $C_1$ ) приближается к передней оси машины, во втором (точка  $C_2$ ) – может даже выходить за задний мост и лежать на продолжении продольной оси. При изменении шкворневой длины  $B$  длина поперечной тяги 1 (см. размеры  $n$ ,  $n_1$  и  $n_2$  на рис. 4) регулируется, что предусмотрено конструкцией машины. При постоянных длинах  $m$  поворотных рычагов 2 и 3 меняются углы их наклона к продольной оси машины ( $\theta$ ,  $\theta_1$  и  $\theta_3$ ).

В качестве примера приведем анализ рациональных параметров рулевой трапеции трактора Беларус-80.1.

Согласно техническим данным длина колесной базы  $L = 2\,370$  мм, ширина колеи передних колес изменяется в пределах  $B' = 1\,350$ – $1\,750$  мм с интервалами 100 мм [8]. На рисунке 5 показаны текущие положения тяг и рычагов рулевой трапеции и точек пересечения продолжения поворотных рычагов с продольной осью трактора и с ее продолжением при различных вариантах ширины колеи передних колес.

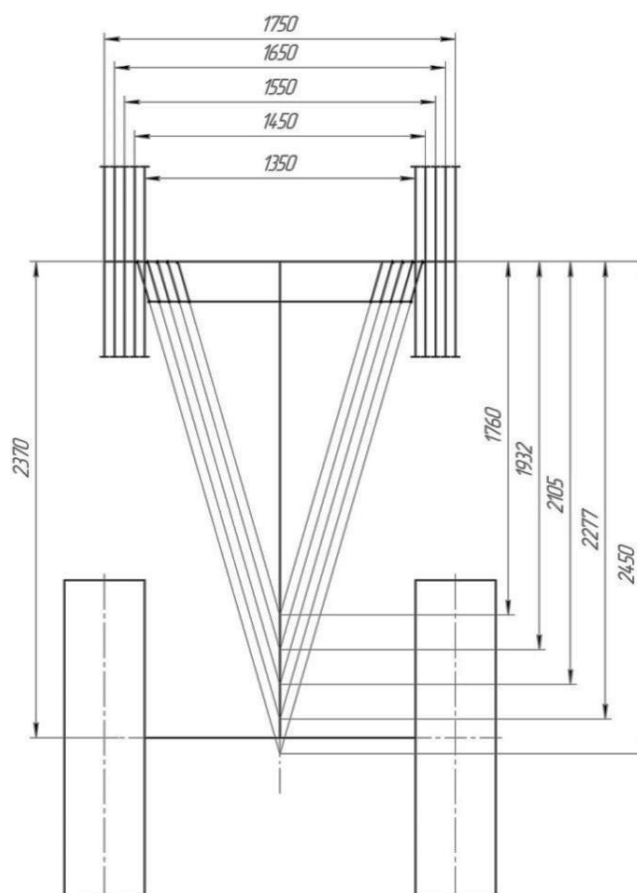


Рис. 5. Схема расположения элементов рулевой трапеции трактора Беларус-80.1 при изменении ширины колеи

Как видно из графика (рис. 6), только ширина колеи  $B' = 1\,350$  мм полностью удовлетворяет условию  $b = 0,7$ – $0,8 L$ .

Следовательно, при всех остальных положениях передних колес будет нарушаться кинематика криволинейного движения трактора, что вызывает скольжение колес трактора, износ шин, увеличение затрат мощности двигателя на преодоление возросшего дополнительного сопротивления повороту машины. Особенно заметно увеличивается сопротивление повороту на грунте в результате его нагребания (возникновение экскавационно-бульдозерного эффекта).

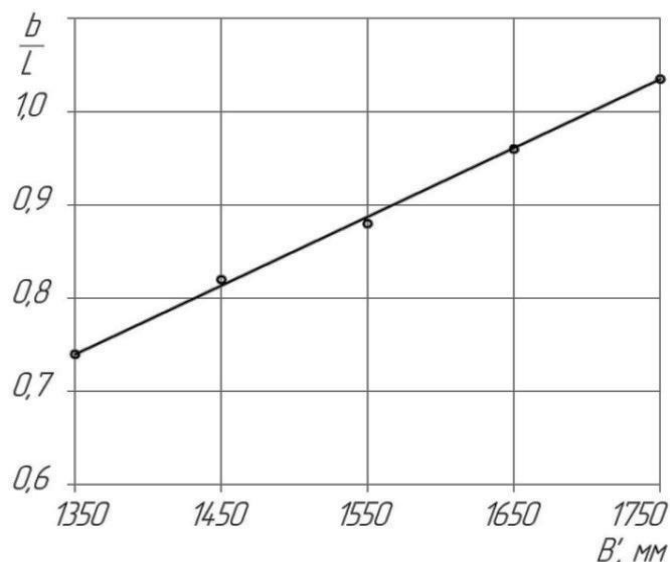


Рис. 6. Зависимость коэффициента расположения рулевой трапеции от ширины колеи трактора Беларус-80.1

### Выводы

1. Трапецеидальный рычажный механизм рулевого привода позволяет создавать требуемые углы поворота управляемых колес для совершения правильного поворота при определенных для транспортного средства геометрических характеристиках.

2. Изменение расстояния между осями шкворней приводит к изменению исходной геометрии трапеции и, следовательно, нарушению кинематики криволинейного движения.

3. Для того чтобы транспортное средство выполняло поворот с заданным радиусом и с неизменной силой тяги ведущих колес, необходимо внести изменения в конструкцию системы рулевого управления колесных машин с переменной шириной колеи, которые позволили бы обеспечивать подбор не только длин поперечной рулевой тяги, но и поворотных рулевых рычагов, а также углов их наклона к продольной оси машины.

### Список источников

1. БЕЛАРУС-1221.2/1221В.2/1221.3: руководство по эксплуатации. Минск: РУП «Минский тракторный завод», 2009. 292 с.
2. Беляев А.Н., Тришина Т.В., Брюховецкий А.Н., Высоцкая И.А. К согласованию кинематических характеристик поворота колесной машины // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2020. Т. 13, № 3(66). С. 12–18. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.3.12.
3. Вахламов В.К. Автомобили. Конструкция и элементы расчета: учебник для студентов вузов. Москва: Академия, 2006. 480 с.
4. Гришкевич А.И., Ломако Д.М., Автушенко В.П. и др. Автомобили: конструкция, конструирование и расчет. Системы управления и ходовая часть: учебное пособие. Минск: Вышэйшая школа, 1987. 199 с.
5. Гуревич А.М., Сорокин Е.М. Тракторы и автомобили: учебное пособие. 4-е изд., перераб. и доп. Москва: Колос, 1978. 479 с.
6. Гуськов В.В., Велев Н.Н., Атаманов Ю.Е. и др. Тракторы: теория: учебник для вузов по специальности «Автомобили и тракторы». Москва: Машиностроение, 1988. 374 с.
7. Лукин П.П., Гаспарянец Г.А., Родионов В.Ф. Конструирование и расчет автомобиля: учебник. Москва: Машиностроение, 1984. 376 с.
8. Руководство по эксплуатации тракторов БЕЛАРУС-80.1/82.1/820. Минск: ОАО «Минский тракторный завод», 2015. 381 с.
9. Скотников В.А., Маценский А.А., Солонский А.С. Основа теории и расчет трактора и автомобиля. Москва: Агропромиздат, 1986. 383 с.
10. Смирнов Г.А. Теория движения колесных машин. 2-е изд., доп. и перераб. Москва: Машиностроение, 1990. 352 с.
11. Ксеневич И.П., Гуськов В.В., Бочаров Н.Ф. и др. Тракторы. Проектирование, конструирование и расчет: учебник. Москва: Машиностроение, 1991. 543 с.

12. Chen J., Shen X., Wang A. Steering Trapezoid Optimized Design of the Off-road Racing Car // *Journal of Physics: Conference Series*. 2022. Vol. 2235(1). Article No. 012082. DOI: 10.1088/1742-6596/2235/1/012082.
13. Pauwelussen J. *Essentials of Vehicle Dynamics*. UK, Oxford: Elsevier Ltd., 2015. 309 p.
14. Reza J. *Vehicle Dynamics: Theory and Application*. 2<sup>nd</sup> edition. New York: Springer International Publishing, 2008. 1045 p.

#### References

1. Belarus-1221.2/1221V.2/1221.3: rukovodstvo po ekspluatatsii [BELARUS-1221.2/1221B.2/1221.3: Operation manual]. Minsk: Minsk Tractor Plant Republican Unitary Enterprise Press; 2009. 292 p. (In Russ.).
2. Belyaev A.N., Trishina T.V., Bryukhoveckij A.N., Vysotskaya I.A. K soglasovaniyu kinematicheskikh kharakteristik povorota kolesnoj mashiny [Selection justification of kinematic characteristics of a wheeled vehicle steering motion]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2020;13(3):12-18. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.3.12. (In Russ.).
3. Vakhlamov V.K. Avtomobili. Konstruktsiya i elementy rascheta: uchebnik [Cars: Design and calculation elements: textbook]. Moscow: Academy Press; 2006. 480 p. (In Russ.).
4. Grishkevich A.I., Lomako D.M., Avtushenko V.P. et al. Avtomobili: konstruktsiya, konstruirovaniye i raschet. Sistemy upravleniya i khodovaya chast': uchebnoe posobie [Cars: design, designing and structural calculation. Control systems and undercarriage: study guide]. Minsk: Vysshaya shkola Press; 1987. 199 p. (In Russ.).
5. Gurevich A.M., Sorokin E.M. Traktory i avtomobili: uchebnoe posobie. 4-e izd. pererab. i dop. [Tractors and cars: study guide. 4<sup>th</sup> edition, revised and enlarged]. Moscow: Kolos Press; 1978. 479 p. (In Russ.).
6. Guskov V.V., Velev N.N., Atamanov Yu.E. et al. Traktory. Teoriya: uchebnik dlya vuzov po spetsial'nosti "Avtomobili i traktory" [Tractors. Theory: textbook for universities in the specialty "Cars and tractors"]. Moscow: Mashinostroenie Press; 1988. 374 p. (In Russ.).
7. Lukin P.P., Gasparyants G.A., Rodionov V.F. Konstruirovaniye i raschet avtomobilya: uchebnik [Car designing and calculating: textbook]. Moscow: Mashinostroenie Press; 1984. 376 p. (In Russ.).
8. Rukovodstvo po ekspluatatsii traktorov BELARUS-80.1/82.1/820 [BELARUS-80.1/82.1/820 tractors operation manual]. Minsk: Minsk Tractor Plant Press; 2015. 381 p. (In Russ.).
9. Skotnikov V.A., Mashchensky A.A., Solonsky A.S. Osnovy teorii i rascheta traktora i avtomobilya [Foundations of the theory and calculation of a tractor and a car]. Moscow: Agropromizdat Press; 1986. 383 p. (In Russ.).
10. Smirnov G.A. Teoriya dvizheniya kolesnykh mashin. 2-e izd., dop. i pererab. [Theory of motion of wheeled vehicles. 2<sup>nd</sup> edition, revised and enlarged]. Moscow: Mashinostroenie Press; 1990. 352 p. (In Russ.).
11. Ksenevich I.P., Guskov V.V., Bocharov N.F. et al. Traktory. Proektirovaniye, konstruirovaniye i raschet [Tractors. Engineering, designing and calculation]. Moscow: Mashinostroenie Press; 1991. 544 p. (In Russ.).
12. Chen J., Shen X., Wang A. Steering Trapezoid Optimized Design of the Off-road Racing Car. *Journal of Physics: Conference Series*. 2022;2235(1):012082. DOI: 10.1088/1742-6596/2235/1/012082.
13. Pauwelussen J. *Essentials of Vehicle Dynamics*. UK, Oxford: Elsevier Ltd.; 2015. 309 p.
14. Reza J. *Vehicle Dynamics: Theory and Application*. 2<sup>nd</sup> edition. New York: Springer International Publishing; 2008. 1045 p.

#### Информация об авторах

А.Н. Беляев – доктор технических наук, доцент, зав. кафедрой прикладной механики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», aifkm\_belyaev@mail.ru.  
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», agroeng.vsau.ru.  
Т.В. Тришина – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной механики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», tata344@rambler.ru.  
П.В. Шередекин – специалист по применению средств защиты семян, Институт защиты семян ООО «Сингента», pavel.sheredekin@syngenta.com.

#### Information about the authors

A.N. Belyaev, Doctor of Engineering Sciences, Docent, Head of the Dept. of Applied Mechanics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, aifkm\_belyaev@mail.ru.  
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, agroeng.vsau.ru.  
T.V. Trishina, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Applied Mechanics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, tata344@rambler.ru.  
P.V. Sheredekin, Seed Protection Products Application Engineer, The Seedcare Institute, Syngenta Global, Science-Based Agtech Company, pavel.sheredekin@syngenta.com.

Статья поступила в редакцию 23.03.2023; одобрена после рецензирования 26.04.2023; принята к публикации 05.04.2023.

The article was submitted 23.03.2023; approved after reviewing 26.04.2023; accepted for publication 05.04.2023.

© Беляев А.Н., Оробинский В.И., Тришина Т.В., Шередекин П.В., 2023

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

Научная статья

УДК 629.3.076

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2023\_2\_124

EDN: OHZBKf

**Оценка параметров кривой траектории  
на участке входа в поворот колесной машины**

**Александр Николаевич Беляев<sup>1✉</sup>, Дмитрий Николаевич Афоничев<sup>2</sup>,  
Татьяна Владимировна Тришина<sup>3</sup>, Ирина Алевтиновна Высоцкая<sup>4</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup>Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,  
Воронеж, Россия

<sup>4</sup>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия  
имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж) Министерства  
обороны Российской Федерации, Воронеж, Россия

<sup>1</sup>aifkm\_belyaev@mail.ru, aifkm@agroeng.vsau.ru<sup>✉</sup>

**Аннотация.** Проведена теоретическая оценка параметров клотоидной кривой траектории входа в поворот колесной машины с передними управляемыми колесами при постоянных конструктивных параметрах (продольной базе  $L$ , расстоянии между осями шкворней переднего моста  $B$ , максимальном среднем угле поворота управляемых колес  $\alpha_{\max}$ ) и изменяемых эксплуатационных характеристиках (поступательной скорости движения машины  $v$  и угловой скорости поворота управляемых колес  $\omega$ ). В результате расчетов выявлено, что при постоянной поступательной скорости движения и увеличении угловой скорости поворота колес длина траектории входа в поворот уменьшается, а при возрастании скорости движения и неизменной угловой скорости – увеличивается, но при этом сокращается продолжительность маневра поворота. Таким образом, с целью сохранения устойчивости и управляемости машины вход в поворот необходимо совершать при максимально возможных значениях анализируемых параметров. Установлено, что угловая скорость поворота управляемых колес при совершении маневра входа в поворот линейно зависит от скорости поступательного движения машины, а также от длины кривой входа в поворот, радиуса поворота и параметра кривой траектории входа в поворот, при этом скорость поступательного движения машины обосновывается в зависимости от радиуса поворота. Вход в поворот колесной машины с постоянной угловой скоростью поворота управляемых колес при малых радиусах маневра осуществляется по траектории, имеющей переменный параметр, представляющий собой произведение радиуса траектории на пройденное расстояние от начала движения. Параметр кривой траектории входа в поворот больше параметра клотоиды, установленного для данного участка траектории. В дорожных условиях при радиусах круговых кривых 30 м и более вход в поворот колесной машины осуществляется по клотоиде с постоянной угловой скоростью поворота управляемых колес, определяемой в зависимости от скорости поступательного движения машины и параметра клотоиды.

**Ключевые слова:** колесная машина, передние управляемые колеса, траектория, вход в поворот, клотоида, скорость, ускорение

**Для цитирования:** Беляев А.Н., Афоничев Д.А., Тришина Т.В., Высоцкая И.А. Оценка параметров кривой траектории на участке входа в поворот колесной машины // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 2(77). С. 124–135. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_124-135](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_124-135).

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

Original article

**Estimation of the curved trajectory parameters  
at coming into corner of a wheeled vehicle**

**Aleksandr N. Belyaev<sup>1✉</sup>, Dmitry N. Afonichev<sup>2</sup>, Tatiana V. Trishina<sup>3</sup>, Irina A. Vysotskaya<sup>4</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup>Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

<sup>4</sup>Military Educational and Scientific Center of the Air Force N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy (Voronezh) the Ministry of Defence of the Russian Federation, Voronezh, Russia

<sup>1</sup>aifkm\_belyaev@mail.ru, aifkm@agroeng.vsau.ru<sup>✉</sup>

**Abstract.** The authors presented the findings of analysis of the clothoid parameters of the curved trajectory at coming into corner of a wheeled vehicle with front steering wheels with such constant design parameters as longitudinal base  $L$ , distance between steering axes of the front axle  $B$ , maximum average angle of turning rate of steering wheels  $\alpha_{\max}$ , and such variable performance characteristics as vehicle translational velocity  $v$  and rate of



angular motion of steering wheels  $\omega$ . As a result of calculations, it was revealed that with constant vehicle translational velocity and an increased rate of angular motion of steering wheels, the length of the trajectory at coming into corner decreases, and with an increase in the speed of motion and constant rate of angular motion, it increases, but at the same time the duration of the maneuver decreases. Thus, in order to preserve the stability and controllability of the machine, it is necessary to obtain the maximum possible values of the analyzed parameters at coming into corner. The authors defined that rate of angular motion of steering wheels during the maneuver at coming into corner linearly depends on the vehicle translational velocity, as well as on the length of the curved trajectory at coming into corner, as well as on the radius of turning and the parameter of the curved trajectory at coming into corner, while vehicle translational velocity is justified depending on the radius of turning. Vehicle coming into corner at constant rate of angular motion of steering wheels and small maneuver radii should be performed along a trajectory with variable parameter describing itself as a product of the radius of the trajectory by the distance traveled from the beginning of the motion. The parameter of the curved trajectory at coming into corner is greater than the clothoid parameter calculated for this phase of the trajectory. In road conditions with radii of circular curves of 30 m or more, coming into corner of a wheeled vehicle is performed by a clothoid with constant rate of angular motion of steering wheels, determined depending on vehicle translational velocity and the clothoid parameter.

**Keywords:** wheeled vehicle, front steering wheels, curved trajectory, coming into corner, clothoid, speed, acceleration

**For citation:** Belyaev A.N., Afonichev D.N., Trishina T.V., Vysotskaya I.A. Estimation of the curved trajectory parameters at coming into corner of a wheeled vehicle. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(2):124-135. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_124-135](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_124-135).

## Введение

Результаты проведенного авторами анализа значительного массива как теоретических, так и экспериментальных исследований, посвященных изучению криволинейного движения колесной машины, свидетельствуют о том, что большинство из них выполнялись при движении на поворотах, имеющих сравнительно большие радиусы, на малых скоростях или для отдельного колесного трактора на транспортных работах. Что касается выявления влияния конструктивных и эксплуатационных факторов на устойчивость движения колесных машин на поворотах с малыми радиусами в условиях реальной эксплуатации, в том числе при неустановившемся режиме поворота на самом динамически нагруженном участке – входа в поворот, то такие исследования практически отсутствуют. При этом доказано, что основным критерием качества статических показателей криволинейного движения колесной машины является именно минимальный теоретический радиус поворота [1, 2, 13, 15].

Оценка управляемости и устойчивости колесной машины при криволинейном движении, в том числе при входе в поворот, выполняется по результатам проведения испытаний согласно ГОСТ Р 31507-2012 [5]. При этом определяют предельную скорость движения на поворотах постоянного радиуса дороги с высоким коэффициентом сцепления в момент потери управляемости, вызванной опрокидыванием или заносом, когда автомобиль не вписывается в заданную траекторию движения.

Вход в поворот совершают на горизонтальной площадке с твердым, ровным, сухим и чистым покрытием. Радиус поворота устанавливают равным 25 м. Перед участком входа в поворот наносят две линии прямолинейного коридора и переходную кривую, по которой автомобиль входит в движение по круговой кривой. Водитель последовательно от повторности к повторности опыта увеличивает скорость движения до предельной, при которой происходит потеря управляемости, а затем выполняет 5–6 зачетных заездов с предельной скоростью. Оценочным параметром является среднее значение предельной скорости по всем зачетным заездам [5].

Для сельскохозяйственных колесных тракторов стандартом вообще не установлены подобного рода исследования. ГОСТ Р 51960-2002 [6] лишь определил в качестве критерия для оценки их управляемости усилие на органе рулевого управления при движении по размеченной траектории с определенными геометрическими характеристиками, имеющей протяженность, равную пути, проходимому трактором за 5 или 8 с

в зависимости от технического состояния системы рулевого управления по площадке с твердым покрытием со скоростью  $10 \pm 1$  км/ч.

В своем диссертационном исследовании, выполненном на соискание ученой степени доктора технических наук, А.Н. Беляевым обоснована и предложена методика экспериментальных исследований поворачиваемости колесного трактора сельскохозяйственного назначения и машинно-тракторного агрегата на его базе в условиях реальной эксплуатации [2], в основу которой положена схема кругового беспетлевого поворота, включающая три характерных участка: «вход в поворот», «установившийся поворот», «выход из поворота» [9]. Из трех указанных этапов поворота лишь второму посвящено весьма незначительное число экспериментальных и теоретических научных исследований.

В представленной работе проведен теоретический расчет и анализ криволинейной траектории движения колесной машины при входе в поворот, которая во многом определяет степень качества выполняемого технологического процесса, комфорта и безопасности движения.

#### Методика исследования

Для анализа и расчета траектории входа в поворот машины с передними управляемыми колесами использованы аналитические выражения параметрического вида [1, 2, 4, 8] в декартовых координатах (рис. 1).

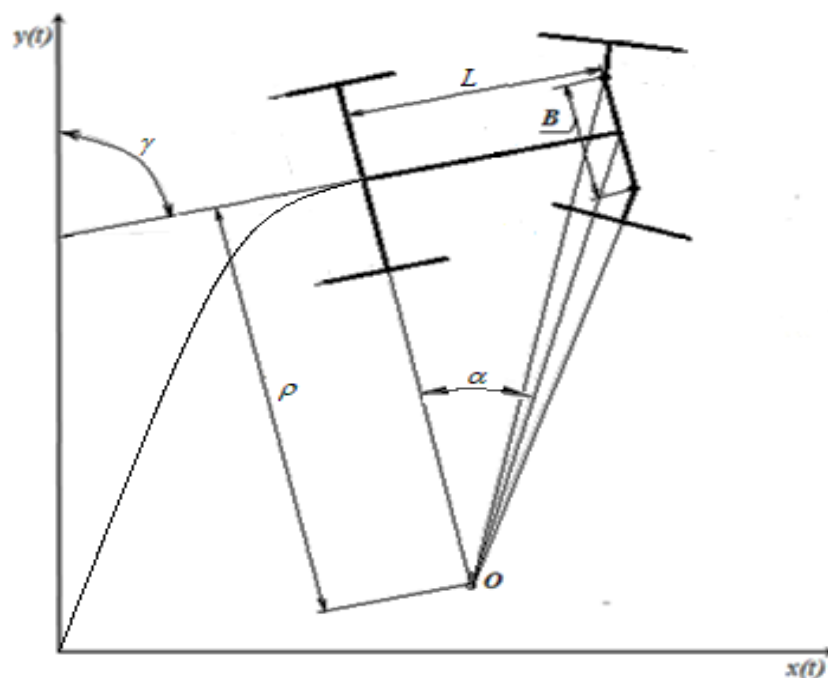


Рис. 1. Расчетная схема двухосной колесной машины

Определены координаты середины заднего моста  $x(t)$  и  $y(t)$  (рис. 2 и 3), принятой за кинематический центр, где постоянными являются следующие конструктивные параметры [3]:

- продольная база машины  $L = 2,6$  м;
- расстояние между осями шкворней переднего моста  $B = 1,8$  м;
- максимальный средний угол поворота передних управляемых колес машины

$$\alpha_{\max} = 28,3^\circ.$$

В качестве переменных приняты такие эксплуатационные параметры, как:

- скорость поступательного движения машины  $v$ ;
- угловая скорость поворота управляемых колес  $\omega$ .

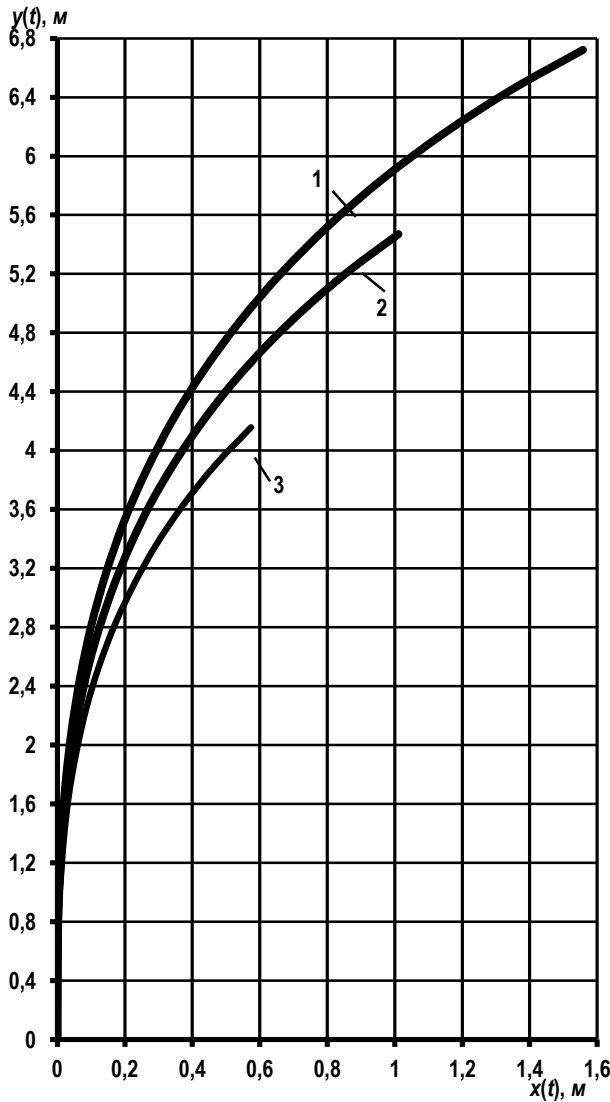


Рис 2. Клотоидные кривые траекторий входа в поворот при  $v = 1,41$  м/с:  
 1 –  $\omega = 0,0987$  с<sup>-1</sup>;  
 2 –  $\omega = 0,124$  с<sup>-1</sup>; 3 –  $\omega = 0,165$  с<sup>-1</sup>

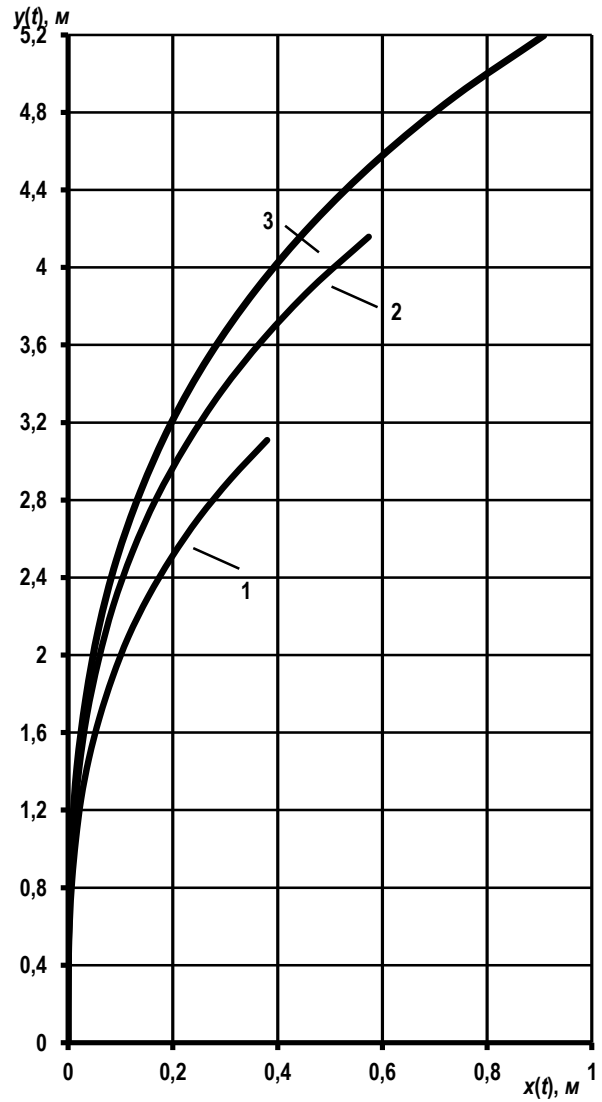


Рис 3. Клотоидные кривые траекторий входа в поворот при  $\omega = 0,165$  с<sup>-1</sup>:  
 1 –  $v = 1,05$  м/с;  
 2 –  $v = 1,41$  м/с; 3 –  $v = 1,78$  м/с

При постоянной скорости поступательного движения колесной машины  $v$  увеличение угловой скорости поворота управляемых колес  $\omega$  обеспечивает сокращение длины кривой траектории входа в поворот  $l_K$  и соответственно продолжительности маневра  $t_M$  (рис. 2). Увеличение скорости поступательного движения машины  $v$  при неизменной угловой скорости поворота управляемых колес  $\omega$  способствует возрастанию длины кривой траектории входа в поворот  $l_K$  (рис. 3).

Кривые траекторий, описываемые каждой точкой колесной машины при входе в поворот, в том числе и серединой заднего моста, при равномерном повороте управляемых колес представляют собой эквидистантные друг другу клотоиды [1, 11]. Клотоида – это кривая с уменьшающимся радиусом кривизны от бесконечности до радиуса круговой кривой, уравнение которой имеет следующий вид [11]:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{l}{C}, \tag{1}$$

где  $\rho$  – текущий радиус кривизны клотоиды, м;  
 $l$  – расстояние от начала клотоиды до рассматриваемой точки, м;  
 $C$  – параметр кривой клотоиды, м<sup>2</sup>.

При входе в поворот по клотоиде машина совершает поворот на угол  $\gamma$ , определяемый по следующему уравнению [10]:

$$\gamma = \operatorname{arctg} \frac{\frac{l_K}{2R} \left( 1 - \frac{l_K^2}{24R^2} \right)}{1 - \frac{l_K^2}{8R^2}}, \quad (2)$$

где  $R$  – радиус установившегося поворота по круговой кривой, м.

Из формулы (2) следует, что чем длиннее кривая траектории входа в поворот  $l_K$ , тем больше угол  $\gamma$  и соответственно короче поворот, установившийся по круговой кривой. Например, если рассматривать поворот на  $90^\circ$  ( $\pi/2$ ), то поворот по круговой кривой составит  $\pi/2 - \gamma$ .

### Результаты и их обсуждение

В таблице 1 приведены значения некоторых показателей маневра при постоянной угловой скорости поворота управляемых колес  $\omega = 0,165 \text{ с}^{-1}$  и при скоростях поступательного движения машины 1,05 м/с, 1,41 и 1,78 м/с.

**Таблица 1. Значения показателей маневра при постоянной угловой скорости поворота управляемых колес  $\omega = 0,165 \text{ с}^{-1}$**

Показатели маневра	Скорость поступательного движения машины, м/с		
	1,05	1,41	1,78
Радиус поворота, м	4,83	4,83	4,83
Длина траектории кривой входа в поворот, м	3,15	4,23	5,34
Поворот в пределах кривой входа, рад.	0,326208	0,438413	0,55446
Поворот в пределах кривой входа, град.	18,7	25,1	31,8
Сокращение длины круговой кривой, м	1,58	2,12	2,68
Общая длина траектории кривой при повороте на $90^\circ$ , м	5,36	5,90	6,45
Продолжительность маневра поворота на $90^\circ$ , с	5,1	4,2	3,6

Из таблицы 1 видно, что увеличение скорости поступательного движения машины обеспечивает увеличение длины траектории кривой, но при этом продолжительность маневра поворота сокращается.

Таким образом, основываясь на результатах анализа данных, представленных на рисунках 2 и 3 и в таблице 1, можно утверждать, что маневр входа в поворот следует совершать при максимально возможных скорости поступательного движения машины и угловой скорости поворота управляемых колес. Это обеспечивает наиболее короткий маневр.

Выбор необходимого вида клотоиды зависит от конкретных условий работы, от типа колесной машины, а установление наилучшей, с точки зрения условий движения колесной машины, геометрии участка входа в поворот заключается в решении следующих комплексных задач [7, 12, 13, 14]:

1) закон изменения кривизны клотоиды должен соответствовать физическим параметрам движения, в том числе и с переменной скоростью;

2) положение передних управляемых колес относительно продольной оси машины должно регулироваться плавно вращением рулевого колеса;

3) центробежное ускорение должно изменяться постепенно в соответствии с увеличением или уменьшением кривизны;

4) физические параметры движения машины должны соответствовать переменным скоростям при замедлении и ускорении.

Скорость поступательного движения машины ограничивается действующими сопротивлениями движению, а также требованиями по обеспечению устойчивости против опрокидывания и заноса [10], следовательно, зависит от радиуса поворота  $R$ , причем чем меньше радиус поворота, тем ниже будет скорость поступательного движения машины [15].

Угловая скорость поворота управляемых колес  $\omega$  определяется требованием к клотоиде, которое выражается ограничением нарастания центробежного ускорения  $j_{доп}$  при уменьшении радиуса кривизны  $\rho$ .

Значение параметра  $C$  клотоиды должно быть не менее, чем рассчитанное по следующей формуле [10]:

$$C = \frac{v^3}{j_{доп}}. \quad (3)$$

Так как согласно (1)  $C = \rho l = R l_k$ , то, зная параметры клотоиды  $C$  и радиус поворота  $R$ , можно с учетом зависимости (3) определить необходимую длину переходной кривой (кривой входа в поворот)  $l_k = C / R$ .

В таблице 2 приведены значения параметров кривых траекторий входа в поворот при различных значениях скорости поступательного движения машины с продольной базой  $L = 2,6$  м.

Таблица 2. Параметры кривых траекторий входа в поворот

Скорость поступательного движения машины $v$ , м/с	Радиус поворота $R$ , м	Длина кривой траектории входа в поворот $l_k$ , м	Параметр кривой $C$ , м <sup>2</sup>	Нарастание центробежного ускорения $j = v^3 / C$ , м/с <sup>3</sup>	Продолжительность маневра входа в поворот $t_m = l_k / v$ , с
1,05	4,83	3,15	15,21	0,076	3,0
1,41	4,83	4,23	20,43	0,137	3,0
1,78	4,83	5,34	25,79	0,219	3,0

Из таблицы 2 видно, что в рассматриваемых вариантах входа в поворот маневр осуществляется с разным нарастанием центробежного ускорения, которое меньше допустимого (согласно [10]  $j_{доп} = 0,3-0,6$  м/с<sup>3</sup>). Соответственно параметры кривых  $C$  разные, а одинаковая продолжительность маневра ( $t_m = 3$  с) указывает на одинаковую для всех вариантов постоянную угловую скорость поворота управляемых колес  $\omega$ .

Из схемы, показанной на рисунке 1, можно определить угол поворота управляемых колес  $\alpha$  как функцию радиуса кривизны траектории  $\rho$ :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{L}{\rho} \quad \text{или} \quad \alpha = \operatorname{arctg} \frac{L}{\rho}. \quad (4)$$

Максимальный угол поворота управляемых колес  $\alpha_{\max}$  будет при установившемся повороте, то есть на круговой кривой

$$\alpha_{\max} = \operatorname{arctg} \frac{L}{R}. \quad (5)$$

Так как параметры  $L$  и  $R$  в нашем случае являются постоянными, то для всех рассматриваемых вариантов  $\alpha_{\max} = 0,494$  рад.

Угловая скорость поворота управляемых колес  $\omega = \alpha_{\max} / t_M = 0,494/3 = 0,165 \text{ с}^{-1}$ .

При определенном значении  $\alpha_{\max}$  и заданной величине угловой скорости поворота управляемых колес  $\omega$  можно установить продолжительность маневра входа в поворот  $t_M = \alpha_{\max} / \omega$ , от которой линейно зависит длина участка входа в поворот  $l_K = vt_M$ .

Отсюда следует, что параметр кривой траектории  $C$ , зависящий от  $\omega$ , определяется по формуле (6):

$$C = \frac{Rv\alpha_{\max}}{\omega}. \quad (6)$$

Зависимость параметра кривой траектории входа в поворот  $C$  от угловой скорости поворота  $\omega$  управляемых колес наглядно иллюстрирует рисунок 4.

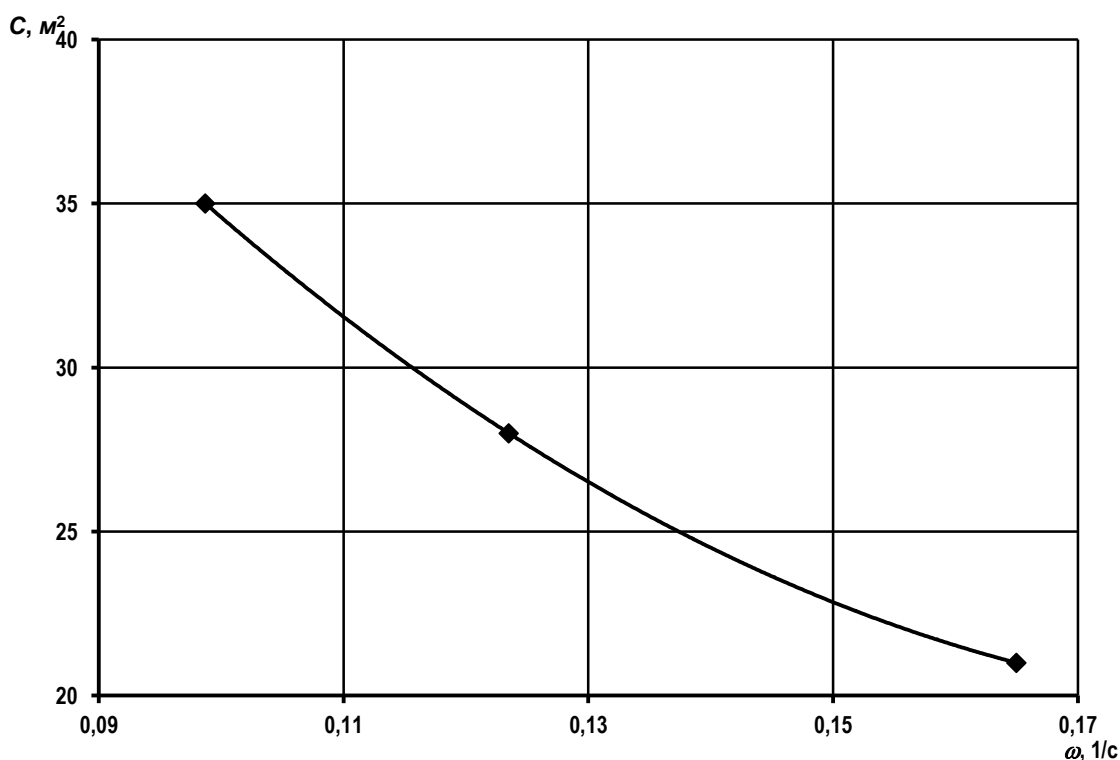


Рис. 4. Зависимость параметра кривой траектории входа в поворот от угловой скорости поворота управляемых колес

Если вход в поворот выполняется с постоянной угловой скоростью поворота управляемых колес, равной  $\omega = \alpha_{\max} / t_M$ , тогда  $\alpha = \omega t$ , а текущий радиус кривизны кло-тоиды будет определяться в соответствии с формулой (4)

$$\rho = L \operatorname{ctg} \omega t. \quad (7)$$

Так как  $t = l / v$ , то формулу (7) можно представить в следующем виде:

$$\rho = L \operatorname{ctg} \frac{\omega l}{v}. \quad (8)$$

На рисунке 5 показаны графики зависимости радиуса кривой траектории входа в поворот от времени и угловой скорости поворота управляемых колес.

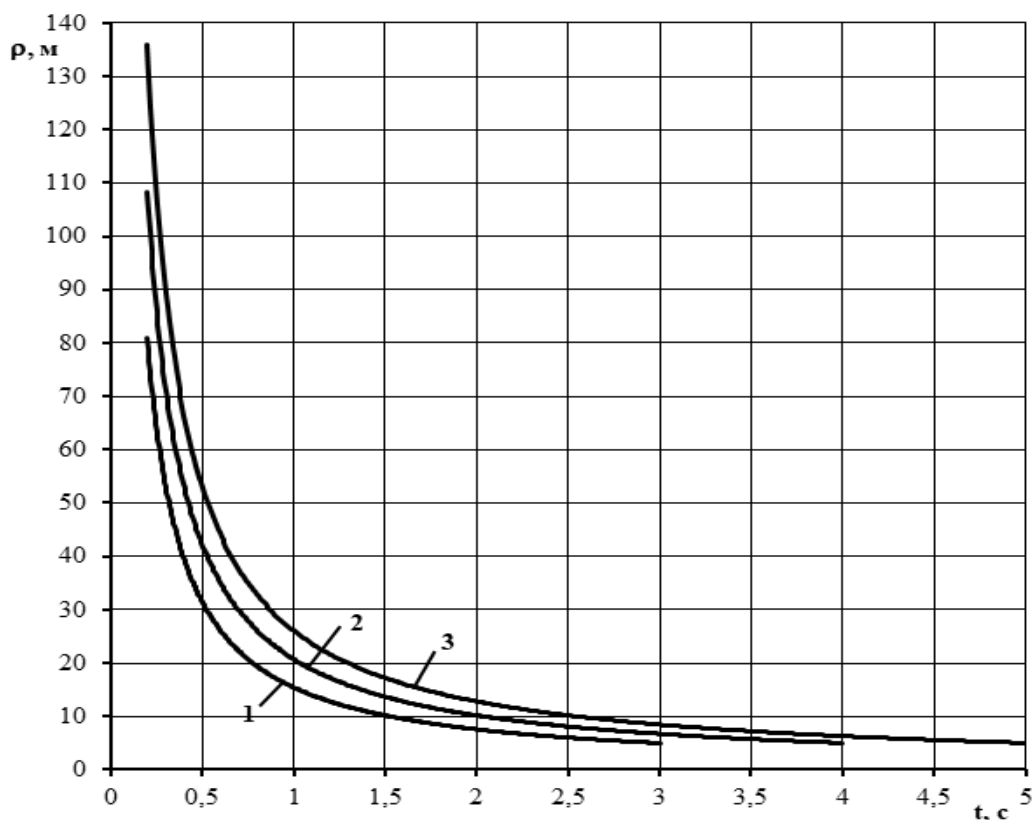


Рис. 5. Графики зависимости радиуса кривой траектории входа в поворот колесной машины от времени при  $v = 1,41$  м/с: 1 –  $\omega = 0,0987$  с<sup>-1</sup>; 2 –  $\omega = 0,124$  с<sup>-1</sup>; 3 –  $\omega = 0,165$  с<sup>-1</sup>

Принимая во внимание, что  $C = \rho l$ , то с учетом формул (6) и (8)

$$C = Ll \operatorname{ctg} \frac{\omega l}{v}. \quad (9)$$

При постоянной угловой скорости поворота управляемых колес  $\omega$  параметр кривой  $C$  не является величиной постоянной, а зависит от положения на кривой, то есть от  $l$ .

В таблице 3 приведены значения параметра кривой  $C$  в зависимости от  $l$  и скорости поступательного движения машины  $v$  при постоянной угловой скорости поворота управляемых колес  $\omega = 0,165$  с<sup>-1</sup>.

Таблица 3. Значения параметра кривой  $C$  при постоянной угловой скорости поворота управляемых колес  $\omega = 0,165$  с<sup>-1</sup>

Положение на кривой $l/l_k$	Параметр кривой $C$ , м <sup>2</sup>		
	$v = 1,05$ м/с; $l_k = 3,15$ м	$v = 1,41$ м/с; $l_k = 4,23$ м	$v = 1,78$ м/с; $l_k = 5,34$ м
0,1	16,53	22,20	28,03
0,2	16,49	22,15	27,96
0,3	16,42	22,05	27,84
0,4	16,33	21,93	27,68
0,5	16,21	21,76	27,47
0,6	16,06	21,56	27,22
0,7	15,88	21,32	26,92
0,8	15,67	21,04	26,57
0,9	15,44	20,73	26,17
1	15,17	20,37	25,72

Из таблицы 3 следует, что при постоянной угловой скорости поворота управляемых колес маневр входа в поворот осуществляется по кривой переменного параметра

$$C = \rho l \neq \text{const}.$$

Наибольшее отклонение от заданного параметра кривой (табл. 2) наблюдается в начале поворота и во всех рассмотренных вариантах может достигать 8,7%.

При постоянной угловой скорости поворота управляемых колес справедливо следующее равенство

$$\frac{l_K}{v} = \frac{\alpha_{\max}}{\omega} = t_M. \quad (10)$$

Из формулы (10) можно найти среднюю угловую скорость поворота управляемых колес

$$\omega = \frac{v\alpha_{\max}}{l_K} = \frac{v}{l_K} \arctg \frac{L}{R}. \quad (11)$$

Если вход в поворот осуществляется по клотоиде при условии  $C = \rho l = \text{const}$ , то угловая скорость поворота управляемых колес  $\omega$  будет изменяться на протяжении участка входа в поворот.

В формуле (4) сделаем замену  $\rho = C / l$  и получим

$$\alpha = \arctg \frac{Ll}{C}. \quad (12)$$

Дифференцирование зависимости (12) позволяет найти угловую скорость поворота управляемых колес (при этом учтено, что  $dl / dt = v$ )

$$\omega = \frac{d\alpha}{dt} = \frac{CLv}{C^2 + L^2l^2}. \quad (13)$$

В таблице 4 приведены значения угловой скорости поворота управляемых колес  $\omega$  в зависимости от  $l$  и скорости поступательного движения машины  $v$ .

**Таблица 4. Значения угловой скорости поворота управляемых колес  $\omega$  в зависимости от  $l$  и скорости поступательного движения машины  $v$**

Положение на кривой $l / l_K$	Значения угловой скорости поворота управляемых колес $\omega$ , с <sup>-1</sup>		
	$v = 1,05$ м/с; $C = 15,21$ м <sup>2</sup>	$v = 1,41$ м/с; $C = 20,43$ м <sup>2</sup>	$v = 1,78$ м/с; $C = 25,79$ м <sup>2</sup>
0	0,179	0,179	0,179
0,1	0,179	0,179	0,179
0,2	0,177	0,177	0,177
0,3	0,175	0,175	0,175
0,4	0,172	0,171	0,171
0,5	0,167	0,167	0,167
0,6	0,162	0,162	0,162
0,7	0,157	0,157	0,157
0,8	0,151	0,151	0,151
0,9	0,145	0,145	0,145
1	0,139	0,139	0,139

Из таблицы 4 видно, что угловая скорость поворота управляемых колес убывает по длине клотоиды –  $\omega = \alpha_{\max} / t_M$ .



При значениях углов  $\alpha$  менее 0,2 рад. справедливо будет следующее допущение:  $\operatorname{tg} \alpha = \sin \alpha = \alpha$ , с учетом которого формулы (4), (5), (12) становятся линейными:

$$\alpha = \frac{L}{\rho}; \alpha_{\max} = \frac{L}{R}; \alpha = \frac{Ll}{C}. \quad (14)$$

Поворот должен осуществляться по радиусу  $R > 5L$ . Угловая скорость поворота управляемых колес в этом случае будет линейно зависеть от скорости поступательного движения машины:

$$\omega = \frac{d\alpha}{dt} = \frac{Lv}{C}. \quad (15)$$

Нетрудно заметить, что формула (13) при  $l = 0$  преобразуется в зависимость (15). Если в формуле (11) опустить  $\operatorname{arctg}$ , то она также преобразуется в зависимость (15).

Рассмотрим вариант поворота на внутрихозяйственной дороге с радиусом круговой кривой 30 м (трудные условия по СП 99.13330.2016) со скоростью 5,56 м/с (20 км/ч). При нарастании центробежного ускорения 0,6 м/с<sup>3</sup> принимаем параметр клотоиды  $C = 286,47 \text{ м}^2$ , откуда  $l_K = 9,55 \text{ м}$ .

По формуле (15) найдем угловую скорость поворота управляемых колес  $\omega = 0,050 \text{ с}^{-1}$ . Выполним расчет параметра кривой  $C$  по формуле (9) и угловой скорости поворота управляемых колес по формуле (13). Результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5. Значения параметра кривой  $C$  и угловой скорости поворота управляемых колес  $\omega$  для кривой в плане внутрихозяйственной дороги с  $R = 30 \text{ м}$

Положение на кривой $l / l_K$ ( $l_K = 9,55 \text{ м}$ )	Параметр кривой $C, \text{ м}^2$ ( $\omega = 0,050 \text{ с}^{-1}$ )	Угловая скорость поворота управляемых колес $\omega, \text{ с}^{-1}$ ( $C = 286,47 \text{ м}^2$ )
0	–	0,050
0,1	286,61	0,050
0,2	286,59	0,050
0,3	286,55	0,050
0,4	286,50	0,050
0,5	286,44	0,050
0,6	286,36	0,050
0,7	286,27	0,050
0,8	286,16	0,050
0,9	286,04	0,050
1	285,90	0,050

Согласно данным таблицы 5 в дорожных условиях при радиусах круговых кривых 30 м и более вход в поворот колесной машины осуществляется по клотоиде с постоянной угловой скоростью поворота управляемых колес, а формулы (14) и (15) дают адекватные результаты.

### Выводы

1. Вход в поворот колесной машины с передними управляемыми колесами с постоянной угловой скоростью поворота управляемых колес при малых радиусах поворота осуществляется по траектории, имеющей переменный параметр, представляющий собой произведение радиуса траектории на пройденное расстояние от начала маневра. Параметр кривой траектории входа в поворот больше параметра клотоиды, установленного для данного поворота, и по длине траектории убывает. Таким образом, на протяжении участка входа в поворот нарастание центробежного ускорения не будет превышать принятого значения.

2. Вход в поворот колесной машины с передними управляемыми колесами при малых радиусах поворота может быть выполнен по клотоиде, при этом угловая скорость поворота управляемых колес определяется зависимостью (13) и уменьшается при перемещении от начала клотоиды к ее концу.

3. В дорожных условиях при радиусах круговых кривых 30 м и более вход в поворот колесной машины осуществляется по клотоиде с постоянной угловой скоростью поворота управляемых колес.

4. Угловая скорость поворота управляемых колес при совершении маневра входа в поворот линейно зависит от скорости поступательного движения машины, а также зависит от длины кривой входа в поворот, радиуса поворота и параметра клотоиды.

Представленные подход и методы его реализации могут найти практическое применение при установлении требований, регламентирующих функциональные и конструктивные решения, включающие выбор способа и скорости движения, угловой скорости поворота управляемых колес, ширины колеи, и, возможно, продольной базы колесной машины.

#### Список источников

1. Беляев А.Н., Афоничев Д.Н., Тришина Т.В. Оценка параметров клотоидной траектории входа в поворот колесной машины // Наука в Центральной России. 2022. № 2(56). С. 30–37. DOI: 10.35887/2305-2538-2022-2-30-37.
2. Беляев А.Н. Повышение эффективности работы машинно-тракторных агрегатов на базе интегральных универсально-пропашных колесных тракторов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01. Мичуринск-наукоград, 2019. 440 с.
3. Виноградов К.Н., Дурманов А.С., Киселев Н.И. и др. Обоснование параметров и конструкции универсально-пропашного трактора повышенной эффективности. Воронеж: Изд-во Воронежского гос. ун-та, 1978. 164 с.
4. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. Москва: Наука, 1961. 871 с.
5. ГОСТ Р 31507-2012. Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний. Москва: Стандартинформ, 2013. 54 с.
6. ГОСТ Р 51960-2002. Тракторы сельскохозяйственные колесные. Методы оценки управляемости. Москва: Стандартинформ, 2020. 16 с.
7. Гуськов В.В., Велев Н.Н., Атаманов Ю.Е. и др. Тракторы: теория: учебник для вузов по специальности «Автомобили и тракторы». Москва: Машиностроение, 1988. 374 с.
8. Дьяконов В.П. Энциклопедия компьютерной алгебры. Москва: ДМК-Пресс, 2009. 1264 с.
9. Иофинов С.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка. Москва: Колос, 1974. 430 с.
10. Курьянов В.К., Афоничев Д.Н., Скрыпников А.В. Автомобильные дороги. Воронеж: Воронежская государственная лесотехническая академия, 2007. 284 с.
11. Салминен Э.О., Грехов Г.Ф., Тюрин Н.А. и др. Транспорт леса. Сухопутный транспорт. Москва: Издательский центр «Академия», 2009. 368 с.
12. Скотников В.А., Мащенко А.А., Солонский А.С. Основа теории и расчет трактора и автомобиля. Москва: Агропромиздат, 1986. 383 с.
13. Смирнов Г.А. Теория движения колесных машин. 2-е изд., доп. и перераб. Москва: Машиностроение, 1990. 352 с.
14. Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем: учебник для вузов. Минск: Дизайн ПРО, 1997. 640 с.
15. Трояновская И.П. Механика криволинейного движения тракторных агрегатов: монография. Челябинск: Изд-во Челябинского ГАУ. 2009. 152 с.

#### References

1. Belyaev A.N., Afonichev D.N., Trishina T.V. Estimation of the parameters of the clotoid trajectory of the entrance into the turn of a wheeled vehicle. *Nauka v Tsentralnoj Rossii = Science in the Central Russia*. 2022;2(56):30-37. DOI: 10.35887/2305-2538-2022-2-30-37. (In Russ.).
2. Belyaev A.N. Povyshenie effektivnosti raboty mashinno-traktornykh agregatov na baze integral'nykh universal'no-propashnykh kolesnykh traktorov [Improving the efficiency of machine-tractor units based on integral

universal row-crop wheeled tractors]: dissertatsiya ... doktora tekhnicheskikh nauk = Doctoral Dissertation in Engineering Sciences: 05.20.01. Michurinsk-naukograd; 2019. 440 p. (In Russ.).

3. Vinogradov K.N., Durmanov A.S., Kiselev N.I. et al. Obosnovanie parametrov i konstruktsii universal'no-propashnogo traktora povyshennoj effektivnosti [Substantiation of the parameters and design of a universal row-crop wheeled tractor of increased efficiency]. Voronezh: Voronezh State University Press; 1978. 164 p. (In Russ.).

4. Vygodsky M.Ya. Spravochnik po vysshej matematike [Handbook on Higher Mathematics]. Moscow: Nauka Press; 1961. 871 p. (In Russ.).

5. GOST R 31507-2012. Avtotransportnye sredstva. Upravlyaemost' i ustojchivost'. Tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytaniy [Road vehicles. Handling and stability. Technical requirements. Test methods]. Moscow: Standartinform Press; 2013. 54 p. (In Russ.).

6. GOST R 51960-2002. Traktory sel'skokhozyajstvennyye kolesnye. Metody otsenki upravlyaemosti [Agricultural wheeled tractors. Steering capability test procedure]. Moscow: Standartinform Press; 2020. 16 p. (In Russ.).

7. Guskov V.V., Velev N.N., Atamanov Yu.E. et al. Traktory. Teoriya: uchebnik dlya vuzov po special'nosti "Avtomobili i traktory" [Tractors. Theory: textbook for universities in the specialty "Cars and tractors"]. Moscow: Mashinostroenie Press; 1988. 374 p. (In Russ.).

8. Diakonov V.P. Entsiklopediya komp'yuternoj algebrы [Encyclopedia of computer algebra]. Moscow: DMK-Press; 2009. 1264 p. (In Russ.).

9. Iofinov S.A. Ekspluatatsiya mashinno-traktornogo parka [Operation of the machine and tractor fleet]. Moscow: Kolos Press; 1974. 430 p. (In Russ.).

10. Kurianov V.K., Afonichev D.N., Skrypnikov A.V. Avtomobil'nye dorogi [Automobile roads]. Voronezh: Voronezh State Forestry Academy Press; 2007. 284 p. (In Russ.).

11. Salminen E.O., Grekhov G.F., Tyurin N.A. et al. Transport lesa. Sukhoputnyj transport [Forest transport. Land transport]. Moscow: Academy Publishing Center; 2009. 368 p. (In Russ.).

12. Skotnikov V.A., Mashchensky A.A., Solonsky A.S. Osnovy teorii i rascheta traktora i avtomobilya [Foundations of the theory and calculation of a tractor and a car]. Moscow: Agropromizdat Press; 1986. 383 p. (In Russ.).

13. Smirnov G.A. Teoriya dvizheniya kolesnykh mashin. 2-e izd., dop. i pererab. [Theory of motion of wheeled vehicles. 2<sup>nd</sup> edition, revised and enlarged]. Moscow: Mashinostroenie Press; 1990. 352 p. (In Russ.).

14. Tarasik V.P. Matematicheskoe modelirovanie tekhnicheskikh system: uchebnik dlya vuzov [Mathematical modeling of Engineering Systems: textbook for universities]. Minsk: Design PRO Press; 1997. 640 p. (In Russ.).

15. Troyanovskaya I.P. Mekhanika krivolinejnogo dvizheniya traktornykh agregatov: monografiya [Mechanics of curvilinear motion of tractor units: monograph]. Chelyabinsk: Chelyabinsk State Agrarian University Press; 2009. 152 p. (In Russ.).

#### **Информация об авторах**

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

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

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

И.А. Высоцкая – кандидат физико-математических наук, преподаватель кафедры математики ФГКВУ ВО «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж) Министерства обороны Российской Федерации, i.a.trishina@gmail.com.

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

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

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

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

I.A. Vysotskaya, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Lecturer, the Dept. of Mathematics, Military Educational and Scientific Center of the Air Force N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy (Voronezh) the Ministry of Defence of the Russian Federation, i.a.trishina@gmail.com.

**Статья поступила в редакцию 03.03.2023; одобрена после рецензирования 10.04.2023; принята к публикации 20.04.2023.**

**The article was submitted 03.03.2023; approved after reviewing 10.04.2023; accepted for publication 20.04.2023.**

© Беляев А.Н., Афоничев Д.А., Тришина Т.В., Высоцкая И.А., 2023

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

Научная статья

УДК 631.3/62-94

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2023\_2\_136

EDN: OWIMOM

### Кинематика рабочего органа посадочной машины, предназначенного для посадки сеянцев с открытой и закрытой корневой системой

Леонид Дмитриевич Бухтояров<sup>1✉</sup>, Сергей Владимирович Малюков<sup>2</sup>,  
Михаил Николаевич Лысыч<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,  
Воронеж, Россия

<sup>1</sup>vglta-mlx@yandex.ru, b.leonid@vgltu.ru✉

**Аннотация.** В сельском и лесном хозяйстве для механизации процесса создания насаждений используются современные лесопосадочные машины. Анализ конструкций посадочных аппаратов лесопосадочных машин показывает, что существующие технические решения не удовлетворяют основным агролесотехническим требованиям (отсутствие пропусков и повреждений высаживаемых растений с заданным шагом посадки и с обеспечением вертикальности расположения надземной части и корневой системы сеянцев). Учитывая потребность в импортозамещении как самих машин, так и средств их проектирования, актуальными являются работы, направленные на обоснование параметров машины, обеспечивающей равномерность шага посадки и скорости вращения подающего посадочный материал механизма. С целью обоснования кинематических параметров и проведения имитационных экспериментов на основе использования программного комплекса САПР Solidworks авторами реализовано проектирование 3D-модели рабочего органа посадочной машины, предназначенного для захвата и помещения в борозду сеянца с закрытой или открытой корневой системой. Рабочий орган выполнен в виде рамы с установленными внутри приводным и двумя ведомыми зубчатыми колесами, на них вращается цепь, натяжение которой регулируется натяжителем. На втулках цепи закреплены лучи, снабженные подпружиненными левым и правым захватами. При входе в направляющую захваты сжимаются и удерживают посадочный материал, а на выходе разжимаются, устанавливая его в подготовленную сошником борозду. Форма рамы подобрана таким образом, чтобы обеспечить удобную подачу посадочного материала и достаточное время его нахождения в борозде при нулевой скорости движения относительно поверхности земли. Проведен имитационный эксперимент в САПР, определены траектории движения исследуемых точек механизма и путем аппроксимации их абсцисс и ординат получены уравнения в явном виде для каждой фазы движения, которые предназначены для исследования динамики и кинематики рабочего органа посадочной машины в среде моделирования «Универсальный механизм».

**Ключевые слова:** агропромышленный комплекс, посадочные машины, кинематика, сажающий аппарат, имитационное моделирование

**Благодарности:** исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда, грант № 22-79-10010, <https://rscf.ru/project/22-79-10010>.

**Для цитирования:** Бухтояров Л.Д., Малюков С.В., Лысыч М.Н. Кинематика рабочего органа посадочной машины, предназначенного для посадки сеянцев с открытой и закрытой корневой системой // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 2(77). С. 136–144. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_136-144](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_136-144).

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

Original article

### Kinematics of the working body of mechanical tree planter designed for planting bare-rooted and ball-rooted seedlings

Leonid D. Bukhtoyarov<sup>1✉</sup>, Sergey V. Malyukov<sup>2</sup>, Mikhail N. Lysych<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,  
Voronezh, Russia

<sup>1</sup>vglta-mlx@yandex.ru, b.leonid@vgltu.ru✉

**Abstract.** In agriculture and forestry, modern planting machines are used to mechanize the process of plantation formation. Analysis of the designs of planting devices of mechanical tree-planting machines outlines that the existing engineering proposals do not satisfy the basic agricultural and forestry requirements, such as the

absence of gaps and injuries to planted seedlings and young plants with a given planting step and ensured vertical location of the aerial parts and the root system of seedlings. Taking into account the need for import substitution of both the machines themselves and their design tools, studies aimed at substantiating the parameters of the machinery ensuring the evenness of plant spacing and rotation velocity of the feeding mechanism of the planting stock are relevant. In order to substantiate the kinematic parameters and perform simulation experiments based on the use of the CAD Solidworks software package, the authors implemented the 3D pattern of the working body of a planting machine designed for gripping and placing bare-rooted and ball-rooted seedlings in the furrow. The working body is made in the form of a frame with installed inside one driving wheel and two driven gears. A chain rotates on the gears and its tension is regulated by a chain tensioner. Beams equipped with spring-loaded left and right grippers are fixed on the chain bushings. At the entrance of the chain guide, the grippers compress and hold the planting stock, and at the exit they unclap and recess the seedling in the furrow prepared by the coulter. The shape of the frame is selected in such a way as to ensure a convenient supply of planting stock and sufficient time for it to be placed in the furrow at zero speed relative to the ground surface. A simulation experiment was performed in CAD, the trajectories of the motion of the studied points of the mechanism were determined, and by approximating their abscissas and ordinates, equations were obtained explicitly for each phase of motion, which are designed to study the dynamics and kinematics of the working body of the planting machine in the "Universal Mechanism" modeling environment.

**Keywords:** Agro-Industrial Complex, planting machines, kinematics, planting device, simulation modeling

**Acknowledgments:** the study was supported by the Russian Science Foundation, Project No. 22-79-10010, <https://rscf.ru/project/22-79-10010/>.

**For citation:** Bukhtoyarov L.D., Malyukov S.V., Lysich M.N. Kinematics of the working body of mechanical tree planter designed for planting bare-rooted and ball-rooted seedlings. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(2):136-144. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_136-144](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_136-144).

## Введение

Решение задач по улучшению ведения сельского и лесного хозяйства неразрывно связано с комплексной механизацией всех трудоемких процессов, при этом обеспечение комплексной механизации хозяйственных работ в современных условиях невозможно без глубоких знаний по систематизации технологических операций, правильного подбора и комплектования машинно-тракторных агрегатов. Наряду с совершенствованием существующих средств механизации необходимо создание принципиально новых машин, механизмов, взаимоувязанных по своим технологическим и технико-экономическим показателям с целью выполнения операций всего технологического цикла.

В сельском хозяйстве широкое распространение получили рассадопосадочные машины, предназначенные для посадки различных культур. В лесном хозяйстве применяются лесопосадочные машины различных конструкций для посадки семян и саженцев. Все эти машины имеют похожие конструкционные решения, а также аналогичные принципы посадки растений. Разработкой лесопосадочных машин и обоснованием их параметров занимались многие специалисты из научно-исследовательских институтов и высших учебных заведений, в том числе И.М. Бартенев с соавт., Ю.М. Жданов, В.И. Казаков с соавт., В.В. Стасюк, М.Л. Шабанов, П.И. Титов, М.В. Шавков и др. [1, 6, 7, 8, 9, 10, 11].

Для механизации процесса лесовосстановления необходимо использовать современные лесопосадочные машины. Учитывая потребность в импортозамещении как самих машин, так и средств их проектирования, актуальными являются работы в данном направлении.

Анализ конструкций посадочных аппаратов лесопосадочных машин показывает, что существующие технические решения имеют недостатки, не позволяющие выполнять основные агролесотехнические требования: не допускать пропусков и поврежденных высаживаемых растений, выдерживать шаг посадки, обеспечивать вертикальность расположения надземной части и корневой системы.

Для обоснования параметров посадочной машины, обеспечивающей равномерный шаг посадки, вертикальность расположения надземной части, необходимо определить траекторию движения рабочего органа. Рассмотрим современные подходы к решению подобных задач.

Проведенный анализ отечественных и зарубежных источников показал, что для обоснования кинематических и динамических параметров посадочных машин широко используют системы автоматизированного проектирования (САПР), которые позволяют численным методом провести компьютерный эксперимент на имитационной модели, а также специальные среды для моделирования многосвязных механизмов.

Доктор технических наук, профессор И.М. Бартенев с соавт., используя САПР SolidWorks, разработали модель обрезчика ветвей и, проведя имитационный эксперимент, определили требуемые параметры движения гидроцилиндров для перевода рабочего органа в транспортное и рабочее положения [2]. Имитационная модель учитывала геометрические, кинематические и инерционные параметры звеньев обрезчика. В модуле Motion SolidWorks на звенья были установлены виртуальные датчики перемещения и получены траектории движения обрезчика, при этом управляющие воздействия можно использовать как входной параметр для имитационных моделей и в других математических средах. Кроме того, сотрудниками Воронежского государственного лесотехнического университета в среде Matlab/Simulink была разработана имитационная модель, которая позволила рассчитать характеристики движения рабочего органа обрезчика ветвей – ротора с ножами с учетом внешних воздействий [12].

Исследователи из Государственного университета, расположенного в г. Галаце, Румыния (М. Niculescu с соавт.), исследовав кривошипно-ползунный механизм, разделили движение механизма на фазы и использовали гибридную функцию для определения передаточного отношения. Полученные параметры некруглых шестерен были использованы при разработке 3D-модели в САПР AutoCad [13].

Сотрудники Академии Наук Китая (Shen H., Liu Y., Wu H., Hu C., Wang S.) опубликовали результаты разработки робота с манипулятором, имеющим три степени свободы. Расчет прямой и обратной кинематической задачи выполнен с использованием предложенной в САПР 3D-модели и кинематических уравнений движения [14].

Методика вывода уравнений явного вида для аналитического расчета представлена в публикациях авторского коллектива Воронежского государственного аграрного университета под руководством доктора технических наук, профессора А.Н. Беляева [4, 5]. Сотрудники агроинженерного факультета путем составления параметрических уравнений определили координаты теоретической кривой траектории и обосновали способ движения трактора «крабом», после составления кинематической модели перешли к обоснованию динамической и выполнили численную реализацию в среде программирования Matlab/Simulink, что позволило рассчитать кинематические и динамические характеристики трактора при криволинейном движении [3].

В представленной статье рассматривается посадочный рабочий орган, который может быть использован при посадке как лесных, так и сельскохозяйственных культур.

На основании проведенного анализа опубликованных работ примем следующую последовательность действий при разработке математической модели рабочего органа лесопосадочной машины.

На первом этапе разработаем 3D-модель рабочего органа, разобьем на фазы в соответствии с формой пути движение рабочего органа и определим на основании проведенного в САПР компьютерного эксперимента его траекторию движения, после чего аппроксимируем полученные зависимости и найдем уравнения для описания траекторий движения.

На втором этапе, используя ПО «Универсальный механизм» разработаем имитационную модель, в которую включим найденные уравнения, и выполним динамический анализ механизма. В представленной статье подробно рассмотрен первый этап.

### Методика расчета

Используя САПР, спроектируем рабочий орган лесопосадочной машины, предназначенный для захвата и помещения в борозду сеянца с закрытой или открытой корневой системой. Рабочий орган состоит из рамы 1, внутри которой установлены приводное 2 и два ведомых зубчатых колеса 3. На зубчатых колесах вращается цепь 4, натяжение которой регулируется натяжителем 5. На втулках цепи закреплены лучи 6, на которых установлены подпружиненные левый и правый захваты 7, 8. При входе в направляющую 9 захваты сжимаются и удерживают посадочный материал, а на выходе разжимаются, устанавливая его в подготовленную сошником борозду.

Ввиду того, что при математическом описании реальной конструкции исследователи сталкиваются с определенными трудностями, введем следующие допущения:

- цепь, на которой установлены лучи, заменим опорной полосой, повторяющей форму цепи, вдоль которой будет двигаться луч с подпружиненными захватами;
- количество рассчитываемых лучей примем равным одному (рис. 1).

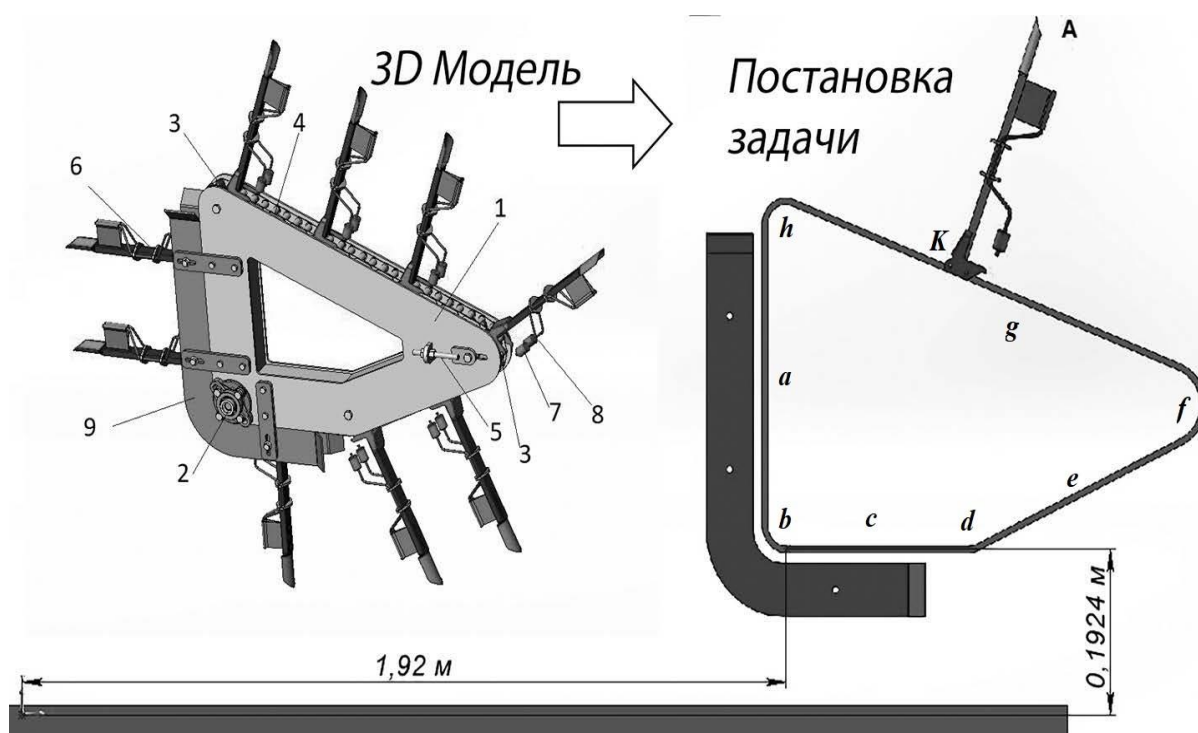


Рис. 1. 3D-модель рабочего органа лесопосадочной машины и постановка задачи имитационного эксперимента

Выделим в движении каретки восемь фаз и обозначим их *a, b, c, d, e, f, g, h*. Фазы соответствуют форме направляющей полосы, как это показано на рисунке 1.

Проведем два имитационных эксперимента, используя САПР SolidWorks на упрощенной 3D-модели рабочего органа, представленной в постановке задачи.

Для первого эксперимента примем поступательную скорость движения рамы, равной нулю ( $V_{пр} = 0$ ), а скорость движения каретки луча по направляющей полосе, равной 0,2 м/с ( $V_{пк} = 0,2$  м/с).

Для второго эксперимента примем поступательную скорость трактора и скорость каретки, равными 0,2 м/с ( $V_{пр} = 0,2$  м/с;  $V_{пк} = 0,2$  м/с).

С помощью виртуальных датчиков САПР SolidWorks получим набор измеренных абсцисс и ординат для точек  $A$  и  $K$  с шагом 0,04 с.

Построим траекторию точки  $A$  для двух скоростных режимов:

1)  $V_{пр} = 0,2$  м/с;

2)  $V_{пк} = 0,2$  м/с (рис. 2).

Для режима  $V_{пр} = 0$  м/с,  $V_{пк} = 0,2$  м/с траектория будет повторять форму опорной полосы с учетом расстояния  $KA$ .

Для получения математической модели движения луча сажающего аппарата достаточно вывести уравнения движения его каретки (точка  $K$ ) при неподвижной системе координат (первый имитационный эксперимент).

Для определения траекторий движения луча сажающего аппарата новых посадочных машин достаточно будет определить перемещение базовой системы координат рамы машины, на которой закреплен посадочный аппарат, и относительно нее по приведенным уравнениям движения произвести расчет. При этом для определения траектории необходимо получить зависимости координат каретки  $X$ ,  $Y$  от времени ( $Z$  принимаем константой, так как раму считаем неподвижной).

### Результаты и их обсуждение

Полученный в результате двух имитационных экспериментов в САПР SolidWorks набор данных, отражающих траекторию движения вершины луча, обрабатываем в Excel и построим графические зависимости для точки  $A$  при величинах  $V_{пр}$  и  $V_{пк}$ , равных 0,2 м/с (рис. 2).

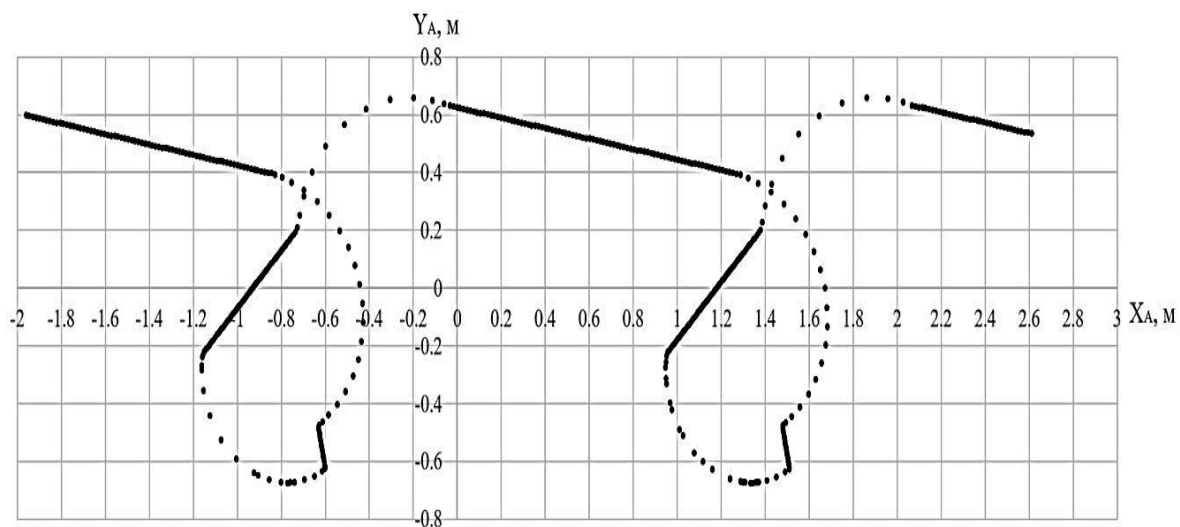
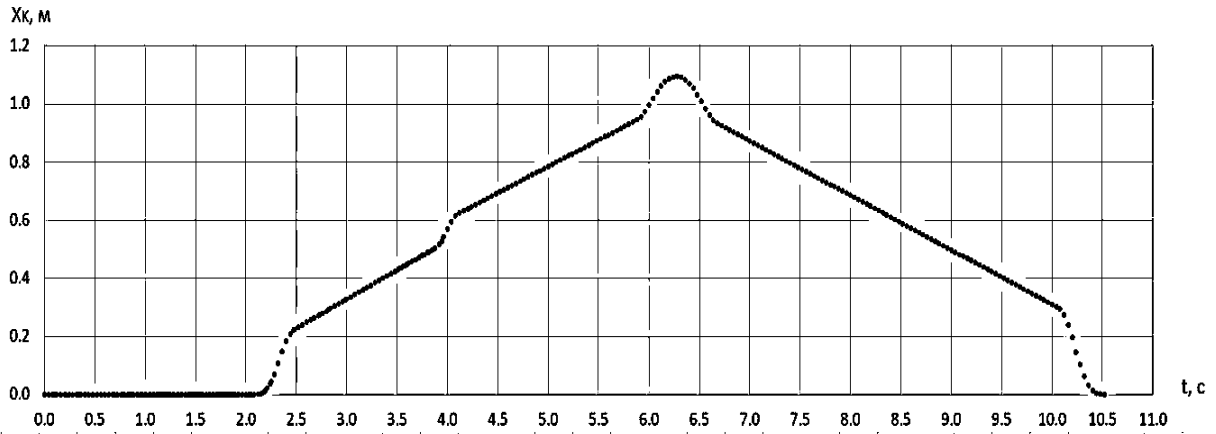


Рис. 2. Траектории движения вершины луча (точка  $A$ )  $V_{пр} = 0,2$  м/с,  $V_{пк} = 0,2$  м/с

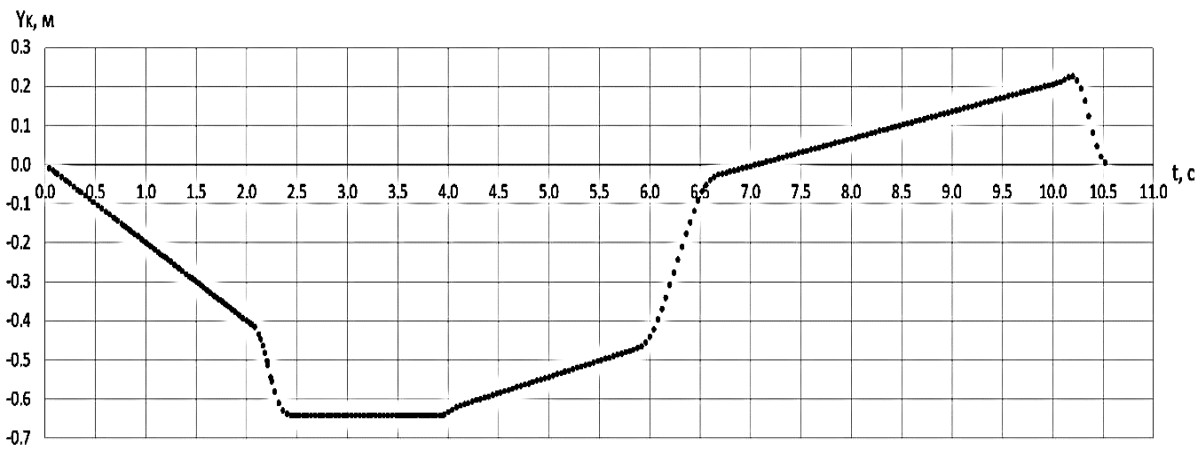
При равных скоростях подачи и движения каретки, но направленных в противоположные стороны, в фазе с луч относительно земли будет обладать нулевой скоростью, что позволит опустить сеянец строго вертикально и выдержать требуемый шаг посадки.

Для составления уравнений, описывающих зависимость абсциссы и ординаты точки  $K$ , используем полученный в первом имитационном эксперименте набор данных, для наглядности представим его в виде графиков (рис. 3).





а)



б)

Рис. 3. Зависимость абсциссы (а) и ординаты (б) каретки луча (точка К)

Для нахождения начала и конца движения каретки луча на каждой фазе воспользуемся параметром кривизны. Как только разница между текущим и предыдущим значением по абсциссе или ординате меняет свою величину, тогда и фиксируем время начала новой фазы. Обозначения фаз и их параметры по времени сведем в таблицу.

Характеристика фаз движения каретки луча

Наименование фазы	Обозначение начала фазы	Величина, с	Обозначение конца фазы	Величина, с
<i>a</i>	t0	0	t1	2,08
<i>b</i>	t1	2,08	t2	2,48
<i>c</i>	t2	2,48	t3	3,88
<i>d</i>	t3	3,88	t4	4,08
<i>e</i>	t4	4,08	t5	5,80
<i>f</i>	t5	5,80	t6	6,68
<i>g</i>	t6	6,68	t7	10,04
<i>h</i>	t7	10,04	t8	10,52

Проведем аппроксимацию кривых, представленных на рисунке 3, используя линейные уравнения для прямых участков и функции Фурье для криволинейных.

$$x(t) = \begin{cases} 1E-06t+0,0003, & t \in [0, t_1] \\ 0,2257+0,1781 \cdot \cos(t \cdot 4,76)+0,1865 \cdot \sin(t \cdot 4,76)- \\ -0,08575 \cdot \cos(2 \cdot t \cdot 4,76)+0,04372 \cdot \sin(2 \cdot t \cdot 4,76)- \\ -0,03893 \cdot \cos(3 \cdot t \cdot 4,76)-0,02728 \cdot \sin(3 \cdot t \cdot 4,76), & t \in [t_1, t_2] \\ 0,2 \cdot t-0,2717, & t \in [t_2, t_3] \\ 0,5621+0,05912 \cdot \cos(t \cdot 12,18)-0,00604 \cdot \sin(t \cdot 12,18), & t \in [t_3, t_4] \\ 0,1822 \cdot t-0,1262, & t \in [t_4, t_5] \\ 1,013-0,07777 \cdot \cos(t \cdot 6,579)-0,03316 \cdot \sin(t \cdot 6,579), & t \in [t_5, t_6] \\ -0,1874 \cdot t+2,1841, & t \in [t_6, t_7] \\ 0,1145-0,1428 \cdot \cos(t \cdot 5,973)-0,04244 \cdot \sin(t \cdot 5,973)+ \\ +0,02924 \cdot \cos(2 \cdot t \cdot 5,973)+0,02496 \cdot \sin(2 \cdot t \cdot 5,973), & t \in [t_7, t_8] \end{cases} \quad (1)$$

$$y(t) = \begin{cases} -0,2 \cdot t+0,0004, & t \in [0, t_1] \\ 0,659 \cdot \sin \cdot (1,159 \cdot t+14,06)+0,04611 \cdot \sin(11,01 \cdot t+10,04)+ \\ +0,003883 \cdot \sin(30,13 \cdot t+5,269), & t \in [t_1, t_2] \\ -7E-06 \cdot t-0,6417, & t \in [t_2, t_3] \\ 0,6418 \cdot \sin(1,426 \cdot t+55,71), & t \in [t_3, t_4] \\ 0,0829 \cdot t-0,9576, & t \in [t_4, t_5] \\ -0,256+0,03915 \cdot \cos(t \cdot 2,984)+0,2126 \cdot \sin(t \cdot 2,984)+ \\ +0,005386 \cdot \cos(2 \cdot t \cdot 2,984)+0,03314 \cdot \sin(2 \cdot t \cdot 2,984), & t \in [t_5, t_6] \\ 0,0699 \cdot t-0,4928, & t \in [t_6, t_7] \\ 0,1649-0,04471 \cdot \cos(t \cdot 5,874)+0,09284 \cdot \sin(t \cdot 5,874)+ \\ +0,01526 \cdot \cos(2 \cdot t \cdot 5,874)+0,05331 \cdot \sin(2 \cdot t \cdot 5,874), & t \in [t_7, t_8] \end{cases} \quad (2)$$

### Выводы

Представленный подход к исследованию кинематики посадочных машины позволяет увязать проектирование в современных САПР модели машины с обоснованием ее параметров.

На основе результатов проведенного имитационного эксперимента установлены траектории движения сажающего луча и путем аппроксимации получены функциональные зависимости абсциссы и ординаты от времени, которые могут быть напрямую заложены в ПО «Универсальный механизм», с помощью которого можно проводить исследования динамики рабочего органа с учетом силовых воздействий пружин захватов и контактных воздействий роликов о направляющие.

### Список источников

1. Бартенев И.М. Лесопосадочные машины. Теория. Исследование. Конструкции: монография. Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет, 2015. 219 с.
2. Бартенев И.М., Бухтояров Л.Д., Попиков В.П., Придворова А.В. Имитационная модель обрезчика ветвей в САПР // Лесотехнический журнал. 2020. Т. 10, № 1(37). С. 153–160. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2020.1/20.

3. Беляев А.Н., Оробинский В.И., Шацкий В.П. и др. Определение теоретической траектории движения трактора при повороте «крабом» // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2020. Т. 13, № 1(64). С. 42–49. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.1.42.
4. Беляев А.Н., Тришина Т.В., Новиков А.Е. и др. Исследование движения колесной машины по криволинейной траектории // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14, № 4(71). С. 21–29. DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2021\_4\_21.
5. Беляев А.Н., Шацкий В.П., Тришина Т.В. и др. Оценка эффективности применения комбинированного способа поворота трактора // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2020. Т. 13, № 2(65). С. 39–48. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.2.39.
6. Жданов Ю.М. Исследование и обоснование технологии заделки корневой системы семян и параметров заделывающих элементов лесопосадочных машин: дис. ... канд. техн. наук: 05.00.00. Волгоград, 1969. 196 с.
7. Захват к посадочному аппарату лесопосадочной машины: пат 2156560 Рос. Федерация. № 97115083/13; заявл. 20.08.1997; опубл. 27.09.2000, Бюл. № 27. 5 с.
8. Стасюк В.В. Защита подающих ротационных аппаратов лесопосадочных машин от перегрузок предохранителями повышенной точности срабатывания: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01. Воронеж, 2002. 175 с.
9. Титов П.И. Совершенствование технологического процесса и конструкции лесопосадочной машины для питомников: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01. Воронеж, 2006. 151 с.
10. Шабанов М.Л. Обоснование параметров сошника и рациональной компоновки рабочих органов лесопосадочной машины: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01. Воронеж, 2002. 152 с.
11. Шавков М.В. Обоснование параметров комбинированного сошника лесопосадочной машины: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01. Воронеж, 2013. 212 с.
12. Bukhtoyarov L.D., Drapalyuk M.V., Pridvorova A.V. Simulation of the movement of hedge cutter links in the Simulink application of the Matlab package // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Forestry Forum on Forest Ecosystems as Global Resource of the Biosphere: Calls, Threats, Solutions (Voronezh, September 09-10, 2021). IOP Publishing Ltd, 2021. Vol. 875. Article No. 12004. DOI: 10.1088/1755-1315/875/1/012004.
13. Niculescu M., Andrei L., Cristescu A. Generation of noncircular gears for variable motion of the crank-slider mechanism // IOP Conference. Series: Materials, Science and Engineering. 2016. Vol. 147(1). Article No. 012078. DOI: 10.1088/1757-899x/147/1/012078.
14. Shen H., Liu Y., Wu H. et al. Forward and Inverse Kinematics for a Novel Double Scara Robot // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 170(4). Article No. 042088. DOI: 10.1088/1755-1315/170/4/042088.

## References

1. Bartenev I.M. Lesoposadochnye mashiny. Teoriya. Issledovanie. Konstruktsii: monografiya [Timber planting machines. Theory. Study. Constructions: monograph]. Voronezh: Voronezh State University of Forestry and Technologies Press; 2015. 219 p. (In Russ.).
2. Bartenev I.M., Buhtoyarov L.D., Popikov V.P., Pridvorova A.V. Imitatsionnaya model' obrezchika vetvej v SAPR [CAD simulator model of a cutter]. *Lesotekhnicheskij zhurnal = Forestry Engineering Journal*. 2020;10(1):153-160. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2020.1/20. (In Russ.).
3. Belyaev A.N., Orobinsky V.I., Shatsky V.P. et al. Opredelenie teoreticheskoy traektorii dvizheniya traktora pri povorote "krabom" [Determination of an ideal trajectory of the tractor motion at "crab" type turning maneuver]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2020;13(1):42-49. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.1.42. (In Russ.).
4. Belyaev A.N., Trishina T.V., Novikov A.E. et al. Issledovanie dvizheniya kolesnoj mashiny po krivolinejnoj traektorii [Investigation of the movement of a wheeled vehicle along a curved trajectory]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2021; 14(4):21-29. DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2021\_4\_21. (In Russ.).
5. Belyaev A.N., Shatsky V.P., Trishina T.V. et al. Otsenka effektivnosti primeneniya kombinirovannogo sposoba povorota traktora [Assessment of feasibility of the combined method of the tractor steering motion]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2020;13(2):39-48. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.2.39. (In Russ.).
6. Zhdanov Yu.M. Issledovanie i obosnovanie tehnologii zadelki kornevoj sistemy seyantsev i parametrov zadelyvayushchikh elementov lesoposadochnykh mashin [Research and substantiation of the technology of seedling root system incorporation and parameters of the incorporating elements of forest planting machines]: dissertatsiya ... kandidata tekhnicheskikh nauk: 05.00.00 = Candidate Dissertation in Engineering Sciences: 05.00.00. Volgograd; 1969. 196 p. (In Russ.).

7. Zakhvat k posadochnomu apparatu lesoposadochnoj mashiny [Capture to the landing gear of a forest planter]: patent 2156560 Ros. Federatsiya. № 97115083/13; zayavleno 08.20.1997; opublikovano 09.27.2000, Byul. № 27 = Patent 2156560 Russian Federation. No. 97115083/13; claimed 08.20.1997; published 09.27.2000, Bulletin 27. 5 p. (In Russ.).

8. Stasyuk V.V. Zashhita podayushhikh rotatsionnykh apparatov lesoposadochnykh mashin ot peregruzok predokhranitelnyami povyshennoj tochnosti srabatyvaniya [Protection of feeding rotary devices of forest planters from overloads by fuses of increased accuracy of operation]: dissertatsiya ... kandidata tekhnicheskikh nauk: 05.21.01 = Candidate Dissertation in Engineering Sciences: 05.21.01. Voronezh; 2002. 175 p. (In Russ.).

9. Titov P.I. Sovershenstvovanie tekhnologicheskogo protsessa i konstruksii lesoposadochnoj mashiny dlya pitomnikov [Improving the technological process and design of a tree planting machine for nurseries]: dissertatsiya ... kandidata tekhnicheskikh nauk: 05.21.01 = Candidate Dissertation in Engineering Sciences: 05.21.01. Voronezh; 2006. 151 p. (In Russ.).

10. Shabanov M.L. Obosnovanie parametrov soshnika i ratsional'noj komponovki rabochikh organov lesoposadochnoj mashiny [Substantiation of the parameters of the coulter and the rational layout of the working bodies of the forest planter]: dissertatsiya ... kandidata tekhnicheskikh nauk: 05.21.01 = Candidate Dissertation in Engineering Sciences: 05.21.01. Voronezh; 2002. 152 p. (In Russ.).

11. Shavkov M.V. Obosnovanie parametrov kombinirovannogo soshnika lesoposadochnoj mashiny [Substantiation of the parameters of the combined coulter of a forest planting machine]: dissertatsiya ... kandidata tekhnicheskikh nauk: 05.21.01 = Candidate Dissertation in Engineering Sciences: 05.21.01. Voronezh; 2013. 212 p. (In Russ.).

12. Bukhtoyarov L.D., Drapalyuk M.V., Pridvorova A.V. Simulation of the movement of hedge cutter links in the Simulink application of the Matlab package. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Forestry Forum on Forest Ecosystems as Global Resource of the Biosphere: Calls, Threats, Solutions* (Voronezh, September 09–10, 2021). IOP Publishing Ltd. 2021;875:12004. DOI: 10.1088/1755-1315/875/1/012004.

13. Niculescu M., Andrei L., Cristescu A. Generation of noncircular gears for variable motion of the crank-slider mechanism. *IOP Conference Series: Materials, Science and Engineering*. 2016;147(1):012078. DOI: 10.1088/1757-899x/147/1/012078.

14. Shen H., Liu Y., Wu H. et al. Forward and Inverse Kinematics for a Novel Double Scara Robot. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2018;170(4):042088. DOI: 10.1088/1755-1315/170/4/042088.

### Информация об авторах

Л.Д. Бухтояров – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры лесной промышленности, метрологии, стандартизации и сертификации ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», vglta-mlx@yandex.ru, b.leonid@vgltu.ru.

С.В. Малюков – кандидат технических наук, доцент кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», malyukovsergey@yandex.ru.

М.Н. Лысыч – кандидат технических наук, доцент кафедры лесной промышленности, метрологии, стандартизации и сертификации ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», miklynea@yandex.ru.

### Information about the authors

L.D. Bukhtoyarov, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Forest Industry, Metrology, Standardization and Certification, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, vglta-mlx@yandex.ru, b.leonid@vgltu.ru.

S.V. Malyukov, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Forest Management and Machine Design, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, malyukov-sergey@yandex.ru.

M.N. Lysych, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Forest Industry, Metrology, Standardization and Certification, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, miklynea@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 12.02.2023; одобрена после рецензирования 20.03.2023; принята к публикации 28.03.2023.

The article was submitted 12.02.2023; approved after reviewing 20.03.2023; accepted for publication 28.03.2023.

© Бухтояров Л.Д., Малюков С.В., Лысыч М.Н., 2023

---

---

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

Научная статья

УДК 621.311.24

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2023\_2\_145

EDN: PCGRUK

### Использование матричного преобразователя переменного напряжения в мобильной ветроэлектрической установке

Дмитрий Николаевич Афоничев<sup>1✉</sup>, Сергей Николаевич Пиляев<sup>2</sup>,  
Владимир Викторович Васильев<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup>Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,  
Воронеж, Россия

<sup>1</sup>dmafonichev@yandex.ru✉

**Аннотация.** Развитие современной силовой электроники позволяет значительно упростить структуру ветроэлектрической установки, заменяя громоздкую, сложную в управлении и дорогую цепь постоянного тока и классический инвертор прямым преобразованием переменного трехфазного напряжения синхронного генератора в переменное трехфазное напряжение стандартной частоты и амплитуды с помощью матричного преобразователя переменного напряжения. Достоинствами матричного преобразователя являются возможность получения практически синусоидальных напряжений и токов на выходе, а также более высокие коэффициенты мощности и полезного действия, чем при использовании промежуточного постоянного напряжения. В программном комплексе SimInTech разработана компьютерная модель матричного преобразователя напряжения ветроэлектрической установки. Она включает в себя блок, имитирующий генератор, который создает трехфазное напряжение заданной частоты и амплитуды; блок модели двунаправленных ключей преобразователя и блок реализации предложенного алгоритма управления ключами. Также в состав модели входят блок нагрузки и блоки фильтров на выходе и входе матричного преобразователя. Входными параметрами блока управления ключами преобразователя являются частота напряжения генератора, его амплитуда и мгновенное значение. Значение частоты напряжения может быть получено с помощью датчика вращения ротора генератора, мгновенное значение напряжения генератора определяется соответствующими измерительными приборами, а величина его амплитуды вычисляется управляющим контроллером либо выбирается по тарировочной кривой генератора. Компьютерное моделирование показало, что кривые выходных токов и напряжений сохраняют свою форму в диапазоне частот входного напряжения от 42 до 70 Гц, что соответствует частотам вращения ротора генератора от 26,4 до 44 рад/с. Таким образом, преобразователь с предложенным алгоритмом управления его ключами обеспечивает получение напряжения на выходе со стандартными частотой и амплитудой напряжения.

**Ключевые слова:** ветроэлектрическая установка, синхронный генератор, матричный преобразователь, напряжение, ток, фаза, частота, моделирование

**Для цитирования:** Афоничев Д.Н., Пиляев С.Н., Васильев В.В. Использование матричного преобразователя переменного напряжения в мобильной ветроэлектрической установке // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 2(77). С. 145–156. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_145-156](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_145-156).

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

Original article

### The use of an alternating current matrix converter in a mobile wind turbine generator system

Dmitry N. Afonichev<sup>1✉</sup>, Sergey N. Pilyaev<sup>2</sup>, Vladimir V. Vasiliev<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup>Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

<sup>1</sup>dmafonichev@yandex.ru✉

**Abstract.** The development of modern power electronics makes it possible to significantly simplify the structure of a wind turbine generator systems due to replacing cumbersome, difficult to control and expensive DC circuit, and a classic inverter by direct conversion of the alternating three-phase voltage of a synchronous generator into alternating three-phase voltage of standard frequency and amplitude using an alternating current matrix converter. The advantages of the matrix converter are the possibility of obtaining almost sinusoidal voltages and currents at the output, as well as higher power and efficiency coefficients than when using an intermediate DC current. A computer model of an alternating current matrix converter in a wind turbine generator system has been developed in the SimInTech software package. It includes block simulating generator that creates a three-phase voltage of a given frequency and amplitude; the block of the model of bidirectional keys of the converter and the block of implementation of the proposed key management algorithm. The model also includes: load block and filter blocks at the output and input of the matrix converter. The input parameters of the converter key management unit are the frequency of the generator voltage, its

amplitude and instantaneous value. The voltage frequency value can be obtained using the generator rotor rotational-velocity sensor, the instantaneous value of the generator voltage is determined by the appropriate measuring instruments, and its amplitude value can be calculated by the process controller, or selected by the calibration curve of the generator. Computer simulation has shown that the curves of output currents and voltages retain their shape in the frequency range of the input voltage from 42 to 70 Hz, which corresponds to the rotational frequencies of the generator rotor from 26.4 to 44 rad/s. Thus, the converter with the proposed key management algorithm provides the output voltage with the standard frequency and voltage amplitude.

**Keywords:** wind turbine generator system, synchronous generator, matrix converter, voltage, current, phase, frequency, simulation

**For citation:** Afonichev D.N., Pilyaev S.N., Vasiliev V.V. The use of an alternating current matrix converter in a mobile wind turbine generator system. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(2):145-156. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_145-156](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_145-156).

## Введение

Использование силы ветра для производства электрической энергии является основным направлением технического прогресса в мире [2, 6, 8, 9, 10]. Во всех странах мира ведутся работы по производству и установке комплектного оборудования для ветроэлектростанций, однако все это оборудование предназначено для комплектации крупных стационарных ветропарков мощностью в несколько сотен мегаватт и более. В то же время в России довольно остро стоит проблема электроснабжения различных мелких потребителей, располагающихся на большом удалении от линий электропередач (пасек, помещений для сушки плодов и овощей, временных построек и сооружений (бараки и т. п.), объектов строительства, транспортных сооружений для дорожных работ, летних лагерей и лагерей для кочевого выпаса скота и др). Нагрузка таких потребителей может составлять десятки киловатт, а потребность в электроэнергии носит временный или сезонный характер, при этом их подключение к системам централизованного электроснабжения является весьма нерентабельным и нецелесообразным мероприятием, поскольку их местоположение может меняться каждый сезон. Поэтому автономное электроснабжение является актуальной проблемой для всех географических областей России и требует новых решений вопросов применения источников возобновляемой энергии в комбинации с привычными видами получения электрической энергии. Учитывая, что в нашей стране серийно не производится комплектное оборудование для обозначенных выше целей, то проблема создания мобильных сельскохозяйственных ветроэлектрических установок (ВЭУ) является актуальной в настоящее время.

Основным требованием к автономным ВЭУ является обеспечение их мобильности, то есть возможности быстрой сборки, разборки и транспортировки одним транспортным средством, а также высокой эффективности при относительно низкой стоимости производства и эксплуатации [2, 5].

ВЭУ является достаточно сложной системой, состоящей из ряда компонентов, технико-экономические показатели которой определяются прежде всего соответствующим выбором и согласованием параметров всех компонентов ВЭУ [1]. Типовая структура ВЭУ с синхронным генератором показана на рисунке 1.

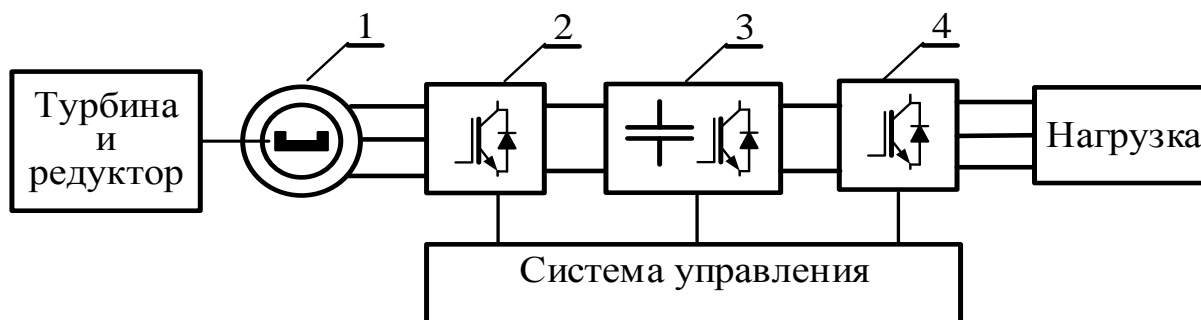


Рис. 1. Структура ВЭУ с синхронным генератором: 1 – синхронный генератор с возбуждением от постоянных магнитов; 2 – управляемый трехфазный выпрямитель; 3 – фильтр постоянного напряжения с регулятором постоянного напряжения (чоппером); 4 – инвертор

Основными компонентами любой ВЭУ являются: ветровая турбина, передаточный механизм (редуктор), электрический генератор и соответствующее электрооборудование для обеспечения стандартного качества электрической энергии [10]. В последние десятилетия в мире и в нашей стране серийно выпускается довольно большое количество тихоходных (многополюсных) синхронных генераторов с постоянными магнитами [8, 10], использование которых позволяет значительно упростить конструкцию передаточного механизма (редуктора) или совсем отказаться от применения повышающего редуктора, что особенно важно при использовании тихоходных ветровых турбин с вертикальной осью вращения [2, 8]. Таким образом, использование тихоходного синхронного генератора с возбуждением от постоянных магнитов является наиболее предпочтительным для мобильной ВЭУ исходя из основных требований к ней.

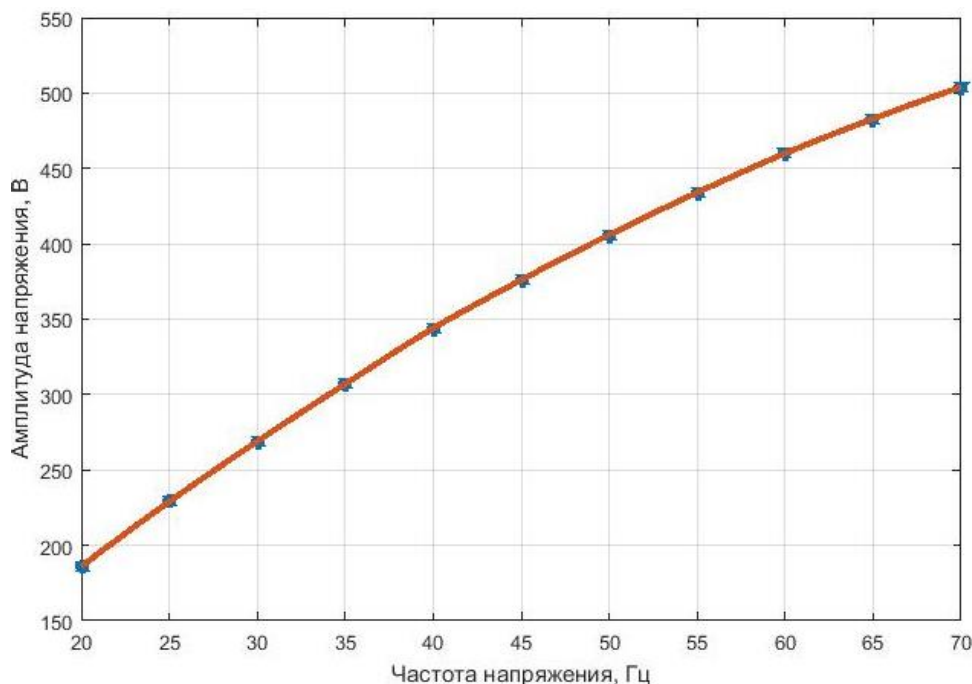
Частота напряжения  $f$ , генерируемого синхронным генератором, жестко связана с частотой вращения его ротора  $\omega_r$ :

$$\omega_r = \frac{2\pi f}{p}, \quad (1)$$

где  $\pi$  – число «пи»,  $\pi \approx 3,14$ ;

$p$  – число пар полюсов генератора.

Амплитуда генерируемого напряжения определяется как частотой вращения ротора  $\omega_r$ , так и величиной нагрузки. На рисунке 2 в качестве примера приведена кривая изменения амплитуды генерируемого напряжения десятиполюсного синхронного генератора номинальной мощностью 15 кВт при нагрузке мощностью в 4 кВт.



**Рис. 2. График зависимости амплитуды выходного напряжения синхронного генератора с постоянными магнитами от частоты выходного напряжения**

Из данных, приведенных на рисунке 2, видно, что обеспечить постоянную частоту и амплитуду напряжения генератора при изменении скорости ветра в больших пределах невозможно. Для получения стандартного, постоянного по амплитуде и частоте напряжения требуется преобразовывать переменное напряжение генератора в постоянное и наоборот, с помощью управляемого статического преобразователя (инвертора).

### Методика исследования

Развитие современной силовой электроники позволяет значительно упростить структуру ВЭУ (рис. 1), заменяя громоздкую, сложную в управлении и дорогую цепь постоянного тока и классический инвертор прямым преобразованием переменного трехфазного напряжения синхронного генератора в переменное трехфазное напряжение стандартной частоты и амплитуды с помощью матричного преобразователя переменного напряжения [3, 7].

Матричный преобразователь переменного напряжения в простейшем виде состоит из девяти ( $3 \times 3$ ) двунаправленных переключателей, реализованных в виде IGBT-транзисторов с общим эмиттером, включенных разнонаправлено [3, 4, 7, 9] и способных подключать любую из трех фаз входного напряжения к любой из трех фаз нагрузки.

На рисунке 3, а представлена упрощенная схема матричного преобразователя, каждый из переключателей которого, замыкаясь по определенному алгоритму, формирует кривую напряжения выходной цепи из «кусочков» кривых входного напряжения.

Достоинствами матричного преобразователя является возможность получения практически синусоидальных напряжений и токов на выходе, а также более высокие коэффициент мощности и коэффициент полезного действия (КПД), чем при использовании промежуточного постоянного напряжения.

В настоящее время разработано достаточно большое количество разнообразных алгоритмов коммутации матричных преобразователей [3, 4, 7], которые можно классифицировать на две группы:

- скалярные;
- векторные.

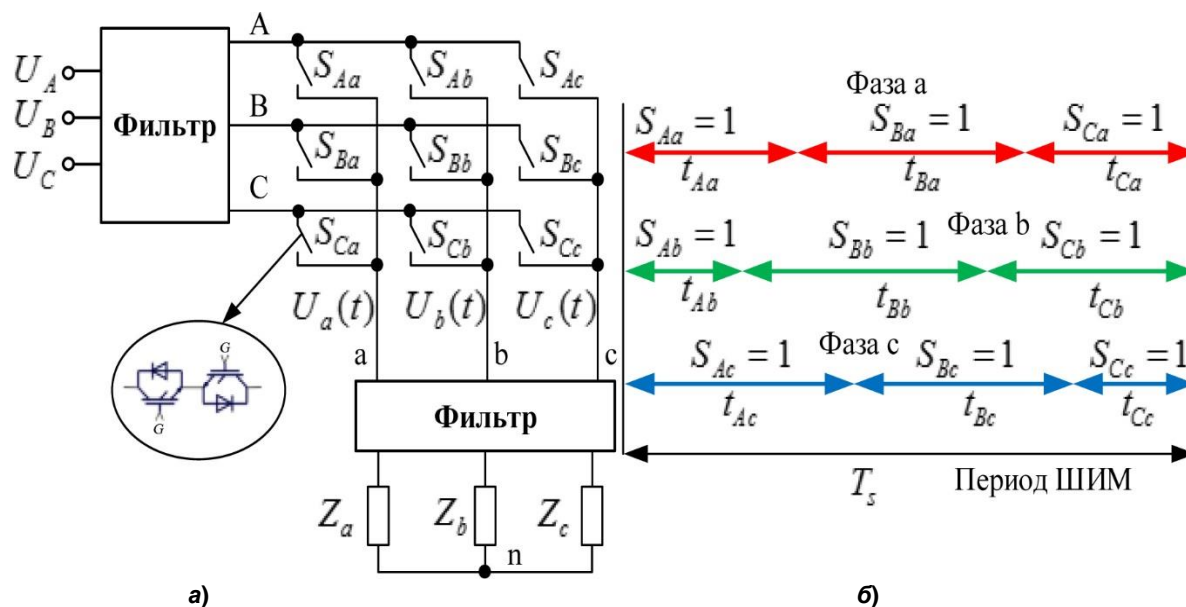


Рис. 3. Упрощенная схема матричного преобразователя (а) и примерная диаграмма работы ключей за период ШИМ (б)

Скалярные алгоритмы управления преобразователем по аналогии со скалярными методами управления электроприводами переменного тока характеризуются тем, что происходит преобразование переменного напряжения заданной частоты и амплитуды в напряжение другой частоты и амплитуды с помощью широтно-импульсной модуляции (ШИМ) при контроле параметров выходного напряжения.



Векторные алгоритмы управления матричным преобразователем позволяют напрямую управлять пространственным вектором выходного напряжения. Каждый из этих алгоритмов имеет свои достоинства и предпочтительные области применения исходя из вида нагрузки.

В случае ВЭУ предпочтительным является использование более простого скалярного алгоритма управления матричным преобразователем, который будем строить на основе оптимального метода Venturini [7]. Пусть каждый переключатель описывается логической функцией в соответствии с обозначениями, принятыми на рисунке 3, а. Логическая единица соответствует замкнутому состоянию переключателя, тогда связь между входными и выходными напряжениями и токами преобразователя имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} U_a(t) \\ U_b(t) \\ U_c(t) \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} S_{Aa}(t) & S_{Ba}(t) & S_{Ca}(t) \\ S_{Ab}(t) & S_{Bb}(t) & S_{Cb}(t) \\ S_{Ac}(t) & S_{Bc}(t) & S_{Cc}(t) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_A(t) \\ U_B(t) \\ U_C(t) \end{bmatrix}; \\ \begin{bmatrix} i_A(t) \\ i_B(t) \\ i_C(t) \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} S_{Aa}(t) & S_{Ba}(t) & S_{Ca}(t) \\ S_{Ab}(t) & S_{Bb}(t) & S_{Cb}(t) \\ S_{Ac}(t) & S_{Bc}(t) & S_{Cc}(t) \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} i_a(t) \\ i_b(t) \\ i_c(t) \end{bmatrix}, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $U_a(t), U_b(t), U_c(t), i_a(t), i_b(t), i_c(t)$  – мгновенные значения фазных напряжений (В) и токов (А) на выходе преобразователя;

$S_{ij}(t)$  – логические функции переключателей;

$U_A(t), U_B(t), U_C(t), i_A(t), i_B(t), i_C(t)$  – мгновенные значения фазных напряжений (В) и токов (А) на входе в матричный преобразователь;

$T$  – транспонирование матрицы.

### Результаты и их обсуждение

Управление матричным преобразователем должно соответствовать двум основным правилам.

Во-первых, любые две входные фазы никогда не должны быть подключены к одной и той же выходной линии (фазе) во избежание короткого замыкания.

Во-вторых, выходная фаза никогда не должна быть замкнута сама на себя из-за отсутствия пути для индуктивного тока нагрузки, что может привести к появлению перенапряжения. Эти два ограничения сводятся к следующему условию коммутации ключей – сумма логических переменных каждой строчки матрицы в выражении (2) равна логической единице

$$S_{Ai}(t) + S_{Bi}(t) + S_{Ci}(t) = 1, i \in \{a, b, c\}. \quad (3)$$

Поскольку принцип действия матричного преобразователя основан на том, что высокочастотные импульсы напряжения, вырезаемые ШИМ из кривых трехфазного входного напряжения амплитудой  $U_{mi}$  и частотой  $f_i$ , должны собираться в кривые трехфазного напряжения другой амплитуды  $U_{mo}$  и частоты  $f_o$ , то время замыкания каждого ключа преобразователя (рис. 3, а) является переменной на каждом периоде коммутации, как это показано на рисунке 3, б.

Примем в качестве коэффициента модуляции каждого ключа  $m_{ij}(t)$  отношение времени его замыкания в каждом периоде модуляции  $t_{ij}$  (рис. 3, б) к периоду ШИМ  $T_s$ :

$$m_{ij}(t) = \frac{t_{ij}}{T_s}, \quad i \in \{A, B, C\}, \quad j \in \{a, b, c\}. \quad (4)$$

Отсюда преобразования выражения (2) могут быть представлены через модуляционную матрицу ключей  $[M]$  следующим образом:

$$[U_o] = \begin{bmatrix} U_a(t) \\ U_b(t) \\ U_c(t) \end{bmatrix}; [U_i] = \begin{bmatrix} U_A(t) \\ U_B(t) \\ U_C(t) \end{bmatrix}; [i_o] = \begin{bmatrix} i_a(t) \\ i_b(t) \\ i_c(t) \end{bmatrix}; [i_i] = \begin{bmatrix} i_A(t) \\ i_B(t) \\ i_C(t) \end{bmatrix}; \quad (5)$$

$$[M] = \begin{bmatrix} m_{Aa}(t) & m_{Ba}(t) & m_{Ca}(t) \\ m_{Ab}(t) & m_{Bb}(t) & m_{Cb}(t) \\ m_{Ac}(t) & m_{Bc}(t) & m_{Cc}(t) \end{bmatrix}; [U_o] = [M][U_i]; [i_i] = [M]^T [i_o].$$

Пусть входные фазные напряжения и выходные токи заданы в виде:

$$[U_i] = \begin{bmatrix} U_A(t) \\ U_B(t) \\ U_C(t) \end{bmatrix} = U_{mi} \begin{bmatrix} \cos(\omega_i t) \\ \cos(\omega_i t - 2\pi/3) \\ \cos(\omega_i t - 4\pi/3) \end{bmatrix}; \quad (6)$$

$$[i_o] = \begin{bmatrix} i_a(t) \\ i_b(t) \\ i_c(t) \end{bmatrix} = I_{mo} \begin{bmatrix} \cos(\omega_o t + \varphi_o) \\ \cos(\omega_o t + \varphi_o - 2\pi/3) \\ \cos(\omega_o t + \varphi_o - 4\pi/3) \end{bmatrix},$$

где  $U_{mi}$  – амплитуда входного напряжения, В;

$I_{mo}$  – амплитуда выходного тока, А;

$\omega_i, \omega_o$  – угловые частоты входного и выходного напряжений, рад/с;

$\varphi_o$  – фазовый угол сдвига выходного тока, рад.

Согласно выражению (4) задаваемые выходное напряжение и входной ток определяются через матрицу модуляции следующим образом:

$$[U_o] = [M][U_i] = qU_{mi} \begin{bmatrix} \cos(\omega_o t) \\ \cos(\omega_o t - 2\pi/3) \\ \cos(\omega_o t - 4\pi/3) \end{bmatrix}; \quad (7)$$

$$[i_i] = [M]^T [i_o] = q \frac{\cos \varphi_o}{\cos \varphi_i} \begin{bmatrix} \cos(\omega_i t + \varphi_i) \\ \cos(\omega_i t + \varphi_i - 2\pi/3) \\ \cos(\omega_i t + \varphi_i - 4\pi/3) \end{bmatrix},$$

где  $q = U_{mi} / U_{mo}$  – коэффициент передачи по амплитуде напряжения;

$\varphi_i$  – фазовый угол сдвига тока на входе, рад.

Классический метод Venturini получения модуляционной матрицы ограничивает амплитуду выходного напряжения половиной от входного ( $q = 0,5$ ) [7]. Для обеспечения максимально возможного для матричных преобразователей коэффициента передачи  $q = 0,866$  [7] добавим к задаваемому целевому напряжению третью гармонику входной частоты и вычтем третью гармонику выходной частоты

$$[U_o] = qU_{mi} \begin{bmatrix} \cos(\omega_o t) - \frac{1}{6} \cos(\omega_o t) + \frac{1}{2\sqrt{3}} \cos(\omega_i t) \\ \cos(\omega_o t + \frac{4\pi}{3}) - \frac{1}{6} \cos(\omega_o t) + \frac{1}{2\sqrt{3}} \cos(\omega_i t) \\ \cos(\omega_o t + \frac{2\pi}{3}) - \frac{1}{6} \cos(\omega_o t) + \frac{1}{2\sqrt{3}} \cos(\omega_i t) \end{bmatrix}. \quad (8)$$

Введение третьих гармоник в кривую заданного вторичного напряжения не влияет на синусоидальный характер полученного напряжения каждой фазы нагрузки. Если фазовый угол сдвига тока на входе  $\varphi_i = 0$ , то каждый элемент модуляционной матрицы может быть определен в упрощенном виде следующим образом

$$m_{kj} = \frac{1}{3} + \frac{2U_k U_j}{3U_{mi}^2} + \frac{4q}{9} \sin(\omega_i t + \beta_k) \sin(3\omega_i t), \quad (9)$$

$$k \in \{A, B, C\}, j \in \{a, b, c\}, \beta_k \in \left\{0, \frac{2\pi}{3}, \frac{4\pi}{3}\right\}.$$

Время замыкания каждого ключа преобразователя  $t_{Kj}$  определяется согласно зависимости (4)

$$t_{Kj} = T_s m_{Kj}. \quad (10)$$

На рисунке 4 представлена построенная в программном комплексе SimInTech [1, 5] компьютерная модель матричного преобразователя напряжения ВЭУ.

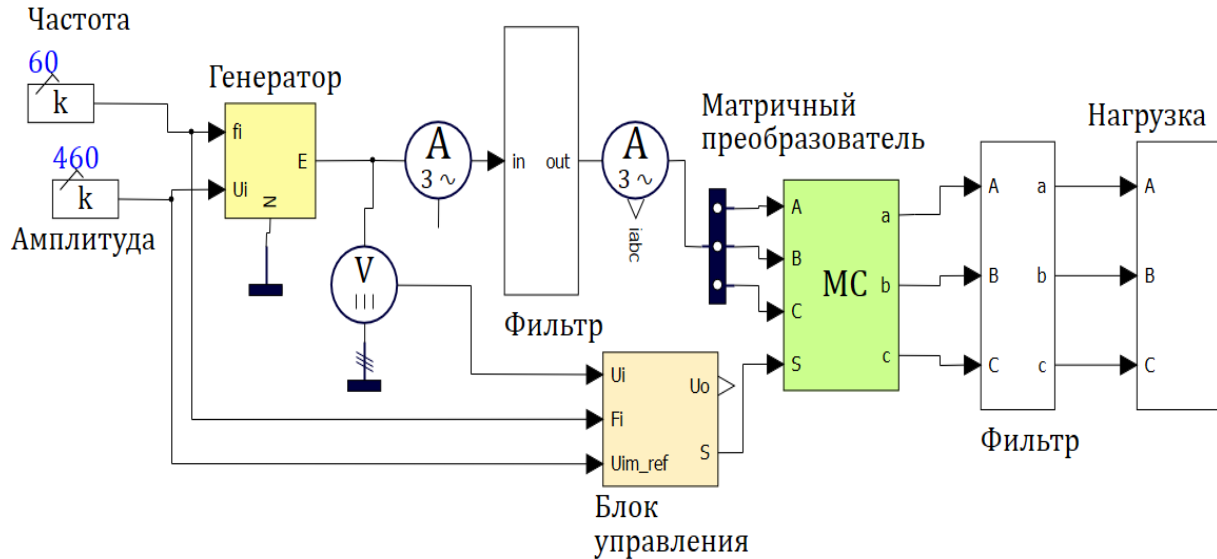


Рис. 4. Компьютерная модель матричного преобразователя в программе SimInTech

Компьютерная модель матричного преобразователя напряжения включает в себя:

- блок, имитирующий генератор, который создает трехфазное напряжение заданной частоты и амплитуды;
- блок модели двунаправленных ключей преобразователя (рис. 5, а)
- блок реализации алгоритма управления ключами согласно выражениям (9) и (10) (рис. 5, б).

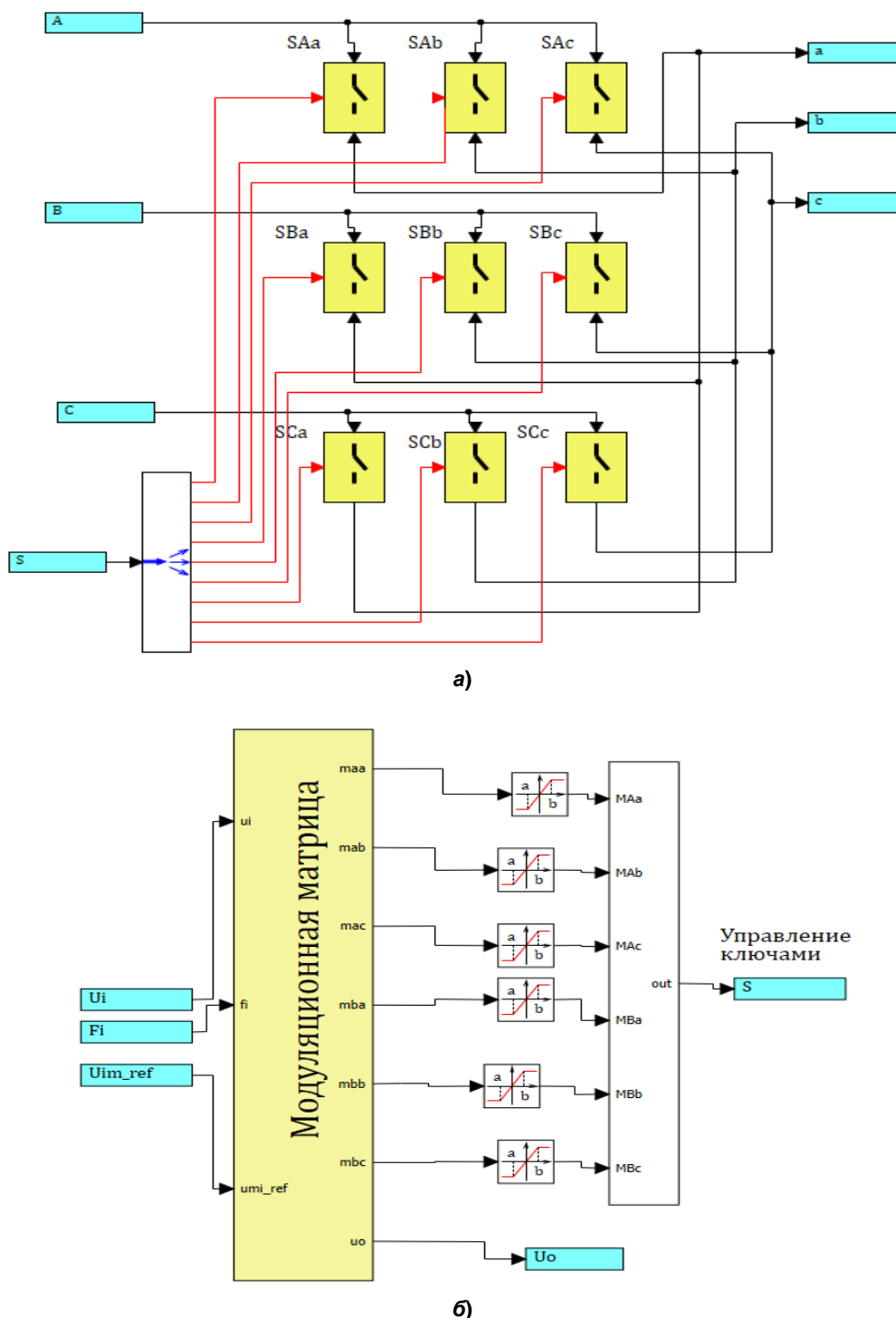


Рис. 5. Модели блока ключей (а) и блока управления ключами преобразователя (б)

Кроме того, в состав модели входят:

- блок нагрузки, представленный на рисунке 6, а;
- блоки фильтров на выходе и входе матричного преобразователя.

Схемы фильтров идентичны и отличаются только параметрами.

На рисунке 6, б в качестве примера показана модель входного фильтра.

Входными параметрами блока управления ключами преобразователя являются частота напряжения генератора, его амплитуда, и мгновенное значение. Значение частоты напряжения может быть получено с помощью датчика вращения ротора генера-

тора, учитывая их жесткую связь согласно выражению (1). Мгновенное значение напряжения генератора определяется соответствующими измерительными приборами, а величина его амплитуды вычисляется управляющим контроллером либо выбирается по тарировочной кривой генератора.

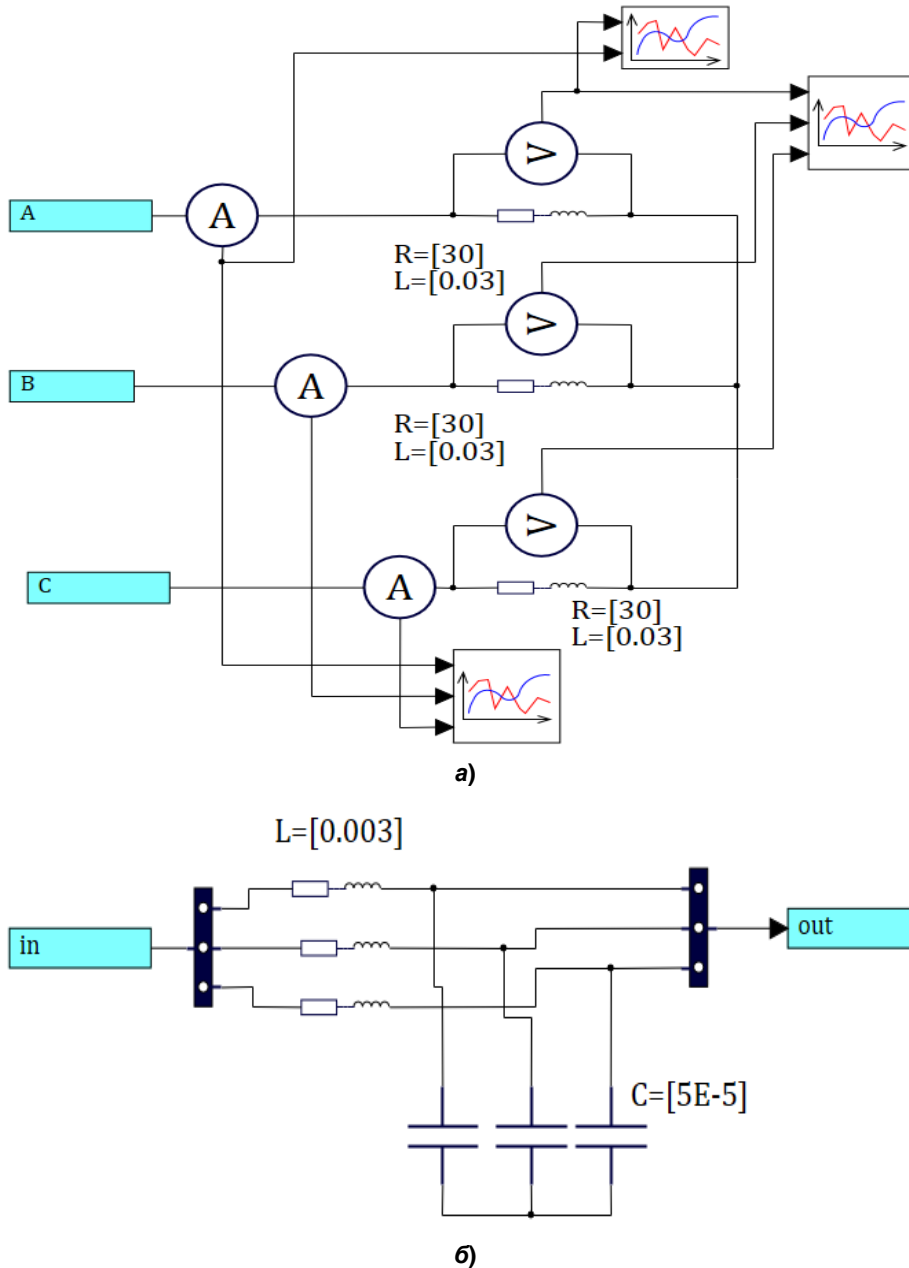


Рис. 6. Модели блока нагрузки (а) и блока входного фильтра (б)

Поскольку основным предназначением матричного преобразователя является получение стандартного трехфазного напряжения, то в блоке построения модуляционной матрицы (рис. 5, б) коэффициент передачи по напряжению вычисляется следующим образом:

$$q = \frac{\sqrt{2}U_{ms}}{U_{mi}}, \quad (11)$$

где  $U_{ms}$  – стандартное действующее значение амплитуды фазного напряжения,  $U_{ms} = 220$  В.

На рисунке 7 показаны кривые напряжений и токов на входе и выходе матричного преобразователя при частоте входного напряжения 60 Гц и амплитуде 460 В (в соответствии с кривой, приведенной на рисунке 2 при частоте ШИМ 10 кГц).

Компьютерное моделирование показало, что кривые выходных токов и напряжений сохраняют свою форму в диапазоне частот входного напряжения от 42 до 70 Гц, что соответствует частотам вращения ротора генератора от 26,4 до 44 рад/с.

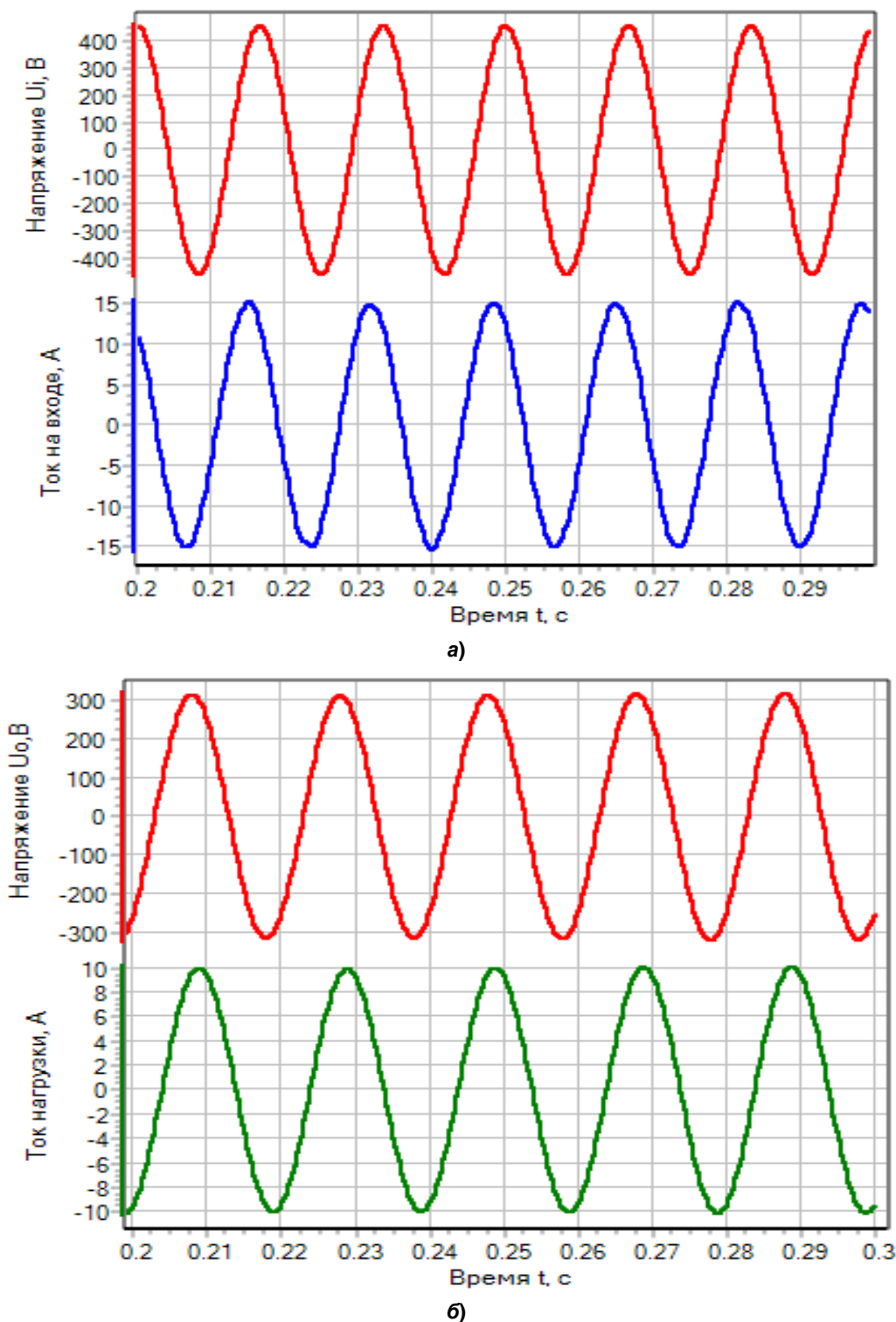


Рис. 7. Кривые напряжения и тока на входе (а) в матричный преобразователь и на входе (б) при частоте входного напряжения 60 Гц и амплитуде 460 В

**Выводы**

1. Матричный преобразователь переменного напряжения с предложенным алгоритмом управления может быть с успехом использован в мобильных ВЭУ малой мощности. Входными параметрами блока управления ключами преобразователя являются частота напряжения генератора, его амплитуда и мгновенное значение. Значение частоты напряжения может быть получено с помощью датчика вращения ротора генератора, мгновенное значение напряжения генератора определяется соответствующими измерительными приборами, а величина его амплитуды вычисляется управляющим контроллером либо выбирается по тарировочной кривой генератора.

2. Реализация модели матричного преобразователя показала, что преобразователь с предложенным алгоритмом управления его ключами обеспечивает получение напряжения на выходе со стандартными частотой и амплитудой напряжения.

3. Разработанная компьютерная модель может быть использована при проектировании мобильных ВЭУ малой мощности. Программный продукт SimInTech позволяет преобразовать модель блока управления преобразователем в программу для микроконтроллера на языке Си, значительно упрощая реализацию схемного решения матричного преобразователя.

---

---

**Список источников**

1. Афоничев Д.Н., Пиляев С.Н. Моделирование автономной ветроэлектрической установки в программе SimInTech // Тенденции развития технических средств и технологий в АПК: материалы международной научно-практической конференции; в 2 ч. (Воронеж, 25 февраля 2021 г.). Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. Ч. 2. С. 113–119.
2. Денисенко Е.А. Автономные системы электроснабжения: монография. Краснодар: ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ, 2019. 130 с.
3. Калачев Ю.Н., Александров А.Г. Преобразователи автономных источников электроэнергии. SimInTech. Москва: ДМК Пресс, 2021. 80 с.
4. Музипов Х.Н. Программно-технические комплексы автоматизированных систем управления: учебное пособие. Санкт-Петербург: Лань, 2018. 164 с.
5. Пиляев С.Н., Панов Р.М., Афоничев Д.Н. Обоснование требований к мобильным ветроэлектрическим установкам для автономного электроснабжения сельскохозяйственных потребителей // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для АПК: сборник научных докладов XX международной научно-практической конференции (Тамбов, 26–27 сентября 2019 г.) Тамбов: Изд-во «Студия печати Галины Золотовой», 2019. С. 185–187.
6. Bose B.K. Power electronics in renewable energy systems and smart grid. Technology and Applications. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2019. 752 p.
7. Luo F.L., Ye H. Power Electronics. Advanced Conversion Technologies. 2<sup>nd</sup> edition. CRC Press, 2018. 735 p.
8. Nelson V., Starcher K. Wind Energy Renewable Energy and the Environment. 3<sup>rd</sup> edition. CRC Press. Taylor & Francis Group, 2019. 310 p.
9. Ramesh B.N. Smart grid systems. Modeling and Control. 1<sup>st</sup> edition. Apple Academic Press, Inc., 2017. 308 p.
10. Shepherd W., Zhang L. Electricity generation using wind power. 2<sup>nd</sup> edition. Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, 2017. 300 p.

## References

1. Afonichev D.N., Pilyaev S.N. Modelirovanie avtonomnoj vetroelektricheskoy ustanovki v programme SimInTech [Simulation of a stand-alone wind unit in SimInTech software]. Tendentsii razvitiya tekhnicheskikh sredstv i tekhnologij v APK: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii; v 2 ch. (Voronezh, 25 fevralya 2021 g.) [Trends in the development of technical means and technologies in the Agro-Industrial Complex: Proceedings of the International Research-to-Practice Conference; in 2 volumes (Voronezh, February 25, 2021). Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press. 2021;2:113-119. (In Russ.).
2. Denisenko E.A. Avtonomnye sistemy elektrosnabzheniya: monografiya [Autonomous power supply systems: monograph]. Krasnodar: Kuban State Agrarian University Press; 2019. 130 p. (In Russ.).
3. Kalachev Yu.N., Aleksandrov A.G. Preobrazovateli avtonomnykh istochnikov elektroenergii. SimInTech [Converters of autonomous power sources. SimInTech]. Moscow: DMK Press; 2021. 80 p. (In Russ.).
4. Muzipov H.N. Programmno-tekhnicheskie komplekсы avtomatizirovannykh sistem upravleniya [Software and hardware complexes of automated control systems]. Saint Petersburg: Lan' Press; 2018. 164 p. (In Russ.).
5. Pilyaev S.N., Panov R.M., Afonichev D.N. Obosnovanie trebovanij k mobil'nym vetroelektricheskim ustanovkam dlya avtonomnogo elektrosnabzheniya sel'skokhozyajstvennykh potrebitelej [Substantiation of requirements for mobile wind power installations for autonomous power supply of agricultural consumers]. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya resursov pri proizvodstve sel'skokhozyajstvennoj produktsii – novye tekhnologii i tekhnika novogo pokoleniya dlya APK: sbornik nauchnykh dokladov XX mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii (Tambov, 26-27 sentyabrya 2019 g.) [Improving the efficiency of the use of resources at producing agricultural products. New technologies and equipment of a new generation for the Agro-Industrial Complex: collection of scientific papers of the XX International Research-to-Practice Conference (Tambov, September 26-27, 2019)]. Tambov: Galina Zolotova Printing Studio; 2019:185-187. (In Russ.).
6. Bose B.K. Power electronics in renewable energy systems and smart grid. Technology and Applications. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.; 2019. 752 p.
7. Luo F.L., Ye H. Power Electronics. Advanced Conversion Technologies. 2<sup>nd</sup> edition. CRC Press; 2018. 735 p.
8. Nelson V., Starcher K. Wind Energy Renewable Energy and the Environment. 3<sup>rd</sup> edition. CRC Press. Taylor & Francis Group; 2019. 310 p.
9. Ramesh B.N. Smart grid systems. Modeling and Control. 1<sup>st</sup> edition. Apple Academic Press, Inc.; 2017. 308 p.
10. Shepherd W., Zhang L. Electricity generation using wind power. 2<sup>nd</sup> edition. Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd; 2017. 300 p.

## Информация об авторах

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

С.Н. Пиляев – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры электротехники и автоматики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», pilyaevs@mail.ru.

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

## Information about the authors

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

S.N. Pilyaev, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Electrical Engineering and Automation, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, pilyaevs@mail.ru.

V.V. Vasiliev, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Operation of Transport and Technological Machines, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, vasiliev.vladimir87@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 20.05.2023; одобрена после рецензирования 22.06.2023; принята к публикации 24.06.2023.

The article was submitted 20.05.2023; approved after reviewing 22.06.2023; accepted for publication 24.06.2023.

© Афоничев Д.Н., Пиляев С.Н., Васильев В.В., 2023



5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА  
(ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 332.145

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2023\_2\_157

EDN: TKEEYD

**Формирование пространственных полюсов роста  
сельской периферии в традиционно-аграрных регионах**

**Александр Владимирович Агибалов<sup>1</sup>, Константин Семенович Терновых<sup>2✉</sup>,  
Виктория Витальевна Куренная<sup>3</sup>, Михаил Юрьевич Казаков<sup>4</sup>**

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

<sup>3</sup>Московский политехнический университет, Москва, Россия

<sup>4</sup>Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия

<sup>2</sup>Ktern@yandex.ru✉

**Аннотация.** Современная сельская периферия – чрезвычайно разреженная в социально-демографическом плане и хронически отстающая в социально-экономическом аспекте обширная зона традиционно-аграрных регионов России. Планирование вопросов продовольственного обеспечения невозможно без синхронного расчета обеспеченности трудовыми ресурсами, что, в свою очередь, требует решения задач по устойчивому многофункциональному развитию сельской местности. Исходя из проведенного анализа особенностей имеющихся моделей расселения, систематизации полюсообразующих функций сельских территорий предложена типология пространственных полюсов роста сельской периферии в традиционно-аграрных регионах, основанная на систематизированных разнородных признаках локальных полюсов роста, сформулированных с позиций производственной специализации, институционального статуса, инфраструктурной обеспеченности, пространственного положения в сельском континууме и роли в обширных территориях сельской периферии. Предлагаемая концепция формирования локальных полюсов роста сельской периферии в традиционно-аграрных регионах не только дополняет положения концепций субурбанизации, устойчивого многофункционального развития сельских территорий, рурализации, человеческого капитала сельской местности, но и является инструментальным решением при согласовании пространственной и социально-экономической политики развития сельских муниципальных образований в имеющемся разнообразии региональных субъектов с аграрной специализацией их экономики. Реализация новой концепции требует прежде всего обоснования типологии сельских полюсов роста на базе имеющейся административно-территориальной структуры сельских муниципальных образований с учетом сложившихся моделей расселения в различных традиционно-аграрных регионах России. Ожидается, что в границах сельских полюсов роста может быть сосредоточено до 50% сельского населения и до 80% наиболее квалифицированного персонала.

**Ключевые слова:** экономика, аграрный сектор, сельские территории, центры сельской местности, сельские сообщества, многофункциональные сельские поселения

**Для цитирования:** Агибалов А.В., Терновых К.С., Куренная В.В., Казаков М.Ю. Формирование пространственных полюсов роста сельской периферии в традиционно-аграрных регионах // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 2(77). С. 157–166. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_157-166](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_157-166).

5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS  
(ECONOMIC SCIENCES)

Original article

**Formation of spatial growth poles of rural periphery  
in traditional agricultural regions**

**Aleksandr V. Agibalov<sup>1</sup>, Konstantin S. Ternovych<sup>2✉</sup>,  
Victoria V. Kurenay<sup>3</sup>, Mikhail Yu. Kazakov<sup>4</sup>**

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

<sup>3</sup>Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia

<sup>4</sup>Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia

<sup>2</sup>Ktern@yandex.ru✉

**Abstract.** The modern rural periphery is an extremely sparsely populated in sociodemographic terms and chronically lagging behind in socioeconomic aspect, a vast zone of traditionally agrarian regions of Russia. Planning of food supply issues is impossible without synchronous calculation of the availability of labor resources, which, in turn, requires solving the tasks of sustainable multifunctional development of rural areas. Based on the analysis of the features of existing settlement models, systematization of the polar forming functions of rural territories, a typology of spatial growth poles of rural periphery in traditionally agrarian regions was proposed, based on systematized heterogeneous signs of local growth poles formulated from the standpoint of industrial

specialization, institutional status, infrastructural security, spatial position in the rural continuum and role in vast territories of rural periphery. The proposed concept of the formation of local growth poles of rural periphery in traditionally agrarian regions not only complements the provisions of the concepts of suburbanization, sustainable multifunctional development of rural territories and human capital of rural areas, ruralization, but also is an instrumental solution in coordinating the spatial and socioeconomic policy of rural municipalities development in the existing variety of regional subjects with agrarian specialization of their economy. The implementation of the new concept requires, first and foremost, substantiation of the typology of rural growth poles on the basis of the existing administrative and territorial structure of rural municipalities, taking into account the existing settlement models in various traditional agrarian regions of Russia. It is expected that up to 50% of the rural population and up to 80% of the most qualified personnel can be concentrated within the boundaries of rural growth poles.

**Keywords:** economics, agricultural sector, rural areas, rural centers, rural communities, multifunctional rural settlements

**For citation:** Agibalov A.V., Ternovykh K.S., Kurenaya V.V., Kazakov M.Yu. Formation of spatial growth poles of rural periphery in traditional agricultural regions. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(2):157-166. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_157-166](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_157-166).

**В** современной экономике России сельское поселение – это естественное пространство многоукладной аграрной экономики, сельского образа жизни, сохранения и передачи социально-трудовых традиций и механизмов ведения агросоциохозяйственной деятельности. В сложившихся типах расселения сельские муниципальные образования – наиболее многочисленная группа поселений. Несмотря на непрекращающиеся процессы урбанизации и «вымывания» демографических ресурсов из сельской местности, реализация задач продовольственного обеспечения невозможна без планирования комплексного многофункционального развития сельских территорий, обоснования производственно-технологических, социально-экономических и экологических направлений преобразований, которые необходимо определять с учетом фактора пространственной локализации. Одним из позитивных проявлений данного фактора является формирование в сельской местности центров (полюсов) локального роста, которые притягивают человеческие ресурсы, снижают уровень социально-экономической дифференциации, укрепляют пространственный каркас расселения. Решение проблемы научно-методологического обеспечения процессов формирования современных полюсов роста на базе сельской периферии в традиционно-аграрных регионах является актуальной задачей экономической науки [1, 13].

В процессе исследования в соответствии с основным методологическим правилом самостоятельно и в сочетаниях применялись различные общие и специальные методы экономических исследований: ретроспективно-генетический, документальный, абстрактно-логический, аналитический, графический и др.

Сложившаяся пространственная архитектура сельских поселений является результатом комплексного агросоциохозяйственного освоения местности. При всей значимости факторов «первичной природы» (почвенно-климатических условий, поясности, рельефа и ареалов агробиоценозов) для формирования системы опорного каркаса сельской местности большое значение имеют такие факторы «вторичной природы», как:

- способы хозяйствования;
- развитие инфраструктуры;
- институциональные условия эксплуатации ресурсной базы;
- стимулы для выделения селитебной зоны сельских территорий в области жилищного и производственного строительства.

В настоящее время структура внегородских поселений представлена поселками при промышленных предприятиях, поселками на путях сообщения, поселками строителей и вахтовиков, промысловыми поселками, поселками научных экспедиций, загородными поселками учреждений здравоохранения и образования, дачами и загородными спальными поселками. При этом непосредственно аграрные (или аграрно-индустриальные) поселения являются категорией внегородских поселенческих структур, сформированной по функциональному признаку [2].

Учитывая многообразие факторов и условий, повлиявших на темпы, характер, структуру и схемы расселения на территориях традиционно-аграрных регионов европейской России, а также историческое преобладание одного из трех типов расселения (производственный, генетический и внешний), в формируемой ими структуре местных типов расселения принято выделять Центрально-Орловскую и Равнинно-Кубанскую модели (табл. 1).

**Таблица 1. Характеристики сложившихся моделей расселения в сельской местности**

Параметрические характеристики	Модели	
	Центрально-Орловская	Равнинно-Кубанская
В рамках производственного типа расселения		
Природно-хозяйственный базис	<p>Преимущественно земледельческий подтип расселения с высоким процентом распаханности земель, но с обилием естественных факторов для чересполосицы (холмы, реки, балки и овраги).</p> <p>Развитое злаковое хозяйство с производством технических культур, молочно-мясное скотоводство с организацией стойлового содержания скота</p>	<p>Доминирующий земледельческий подтип расселения со степными пахотными землями.</p> <p>Зерновое, масличное и плодовоовощное хозяйство, естественное стойловое содержание крупного скота, высокая доля мелкого (овцы, козы).</p> <p>Обширность клина пашни, обуславливающая локализацию малых поселений комплексного характера в глубине сельской периферии</p>
Комплексные условия для расселения	<p>Дисперсность расселения малыми компактными группами в границах локализованных земельных массивов и с учетом имеющихся транспортных «ниток».</p> <p>Локализация полевых ферм в пешей доступности от поселений.</p> <p>Превалирование земельных ресурсов над трудовыми</p>	<p>Крупные поселения с высокой концентрацией населения.</p> <p>Развитая сеть производственных отделенных поселков (отделения, полевые станы и др.).</p> <p>Условный баланс земельных и трудовых ресурсов</p>
Особенности внутрихозяйственного расселения	Преобладание модели центральных усадеб и нескольких бригадных поселков	Крупные центральные усадьбы и сеть отдаленных бригадных поселений
Сложившаяся архитектура поселений	<p>Дисперсное размещение поселений (преимущественно села, деревни) с преобладанием линейных форм вдоль рек и людностью 200–500 и 500–1000 человек.</p> <p>Поселения круглогодичного типа</p>	<p>Ядра сети поселений – крупные и сверхкрупные села и станицы, на периферии радиальных лучей которых локализованы поселки, отделения.</p> <p>Крупные села – около рек.</p> <p>Людность 1 000–3 000 и 3 000–5 000 человек.</p> <p>Центры сельских районов – свыше 5 000 тыс. чел. (до 15 000 чел.)</p>
Функциональные типы поселений	Центральные поселения с.х. предприятий, бригадные поселки	Центральные поселения с.х. предприятий, прифермские поселки, специализированные поселки, полевые станы и животноводческие пункты
Генетические типы поселений	Старинные поселения с долинной локализацией, помещичьи деревни, послереволюционные выселки линейной планировки	<p>Бывшие торгово-форпостовые поселения на оборонительных линиях.</p> <p>Поселки переселенцев из Черноземья.</p> <p>Колхозные и совхозные населенные пункты начала XX в. и периода освоения целины</p>

Источник: составлено авторами с учетом [1, 2, 3, 11].

Сельская периферия в европейской части России, несмотря на некоторые различия по вектору «Север – Юг», пережила 30-летний период существенного пространственного сжатия [4, 12]. Причинами являлись сокращение сферы приложения труда, общая необустроенность социально-бытовой сферы и отток населения в крупные города на фоне его естественной убыли. В этот период доминирующими процессами в агро-социально-экономической сфере сельского континуума являлись:

- миграция сельских жителей в городскую местность (как правило, региональные центры и региональные города второго эшелона);

- дачная субурбанизация, выражающаяся в создании сезонных (в средней полосе) и (всесезонных) дачных поселков с продовольственно-обеспечивающими функциями личных подсобных хозяйств;

- формирование поясов сельско-городского континуума в часовой транспортной доступности относительно крупных городов со смешанными сельско-городскими условиями жизненной среды;

- обезлюдение малых и сверхмалых населенных пунктов при деградации селообразующих предприятий;

- административно-территориальное укрупнение ряда поселений для оптимизации бюджетных расходов на управление и обеспечение работы социальной инфраструктуры;

- нарастание социально-экономической дифференциации по уровню развития города и села, а также пространственной поляризации по вектору «центр – периферия».

Заметим, что на рубеже столетий сформировалось разреженное в социально-демографическом плане и слабоструктурированное в пространственно-экономическом аспекте провинциально-сельское пространство, а наиболее заселенными сельскими территориями традиционно оставались ландшафтно-обширные и климатически-благоприятные местности Юга России и Центрального Черноземья (табл. 2).

**Таблица 2. Достигнутый уровень темпов бытовой урбанизации / рурализации на рубеже пореформенного десятилетия, %**

Экономические районы	Доля городского населения	Живут в городах		Живут в селах в домах	
		с городскими условиями	с сельскими условиями	благоустроенных	неблагоустроенных
Россия в целом	73	59	14	6	21
Европейская Россия	73	60	13	6	27
Север	76	64	12	4	24
Северо-Запад	87	79	8	4	13
Центр	83	72	11	5	17
Волго-Вятский	70	56	15	6	29
Центрально-Черноземный	62	47	16	8	38
Северный Кавказ	55	40	15	11	45
Поволжье	73	57	16	15	27
Урал	74	60	14	4	26
Западная Сибирь	71	56	15	6	29
Восточная Сибирь	72	48	30	3	28
Дальний Восток	76	60	16	6	24

Источник: составлено авторами с учетом данных [2].

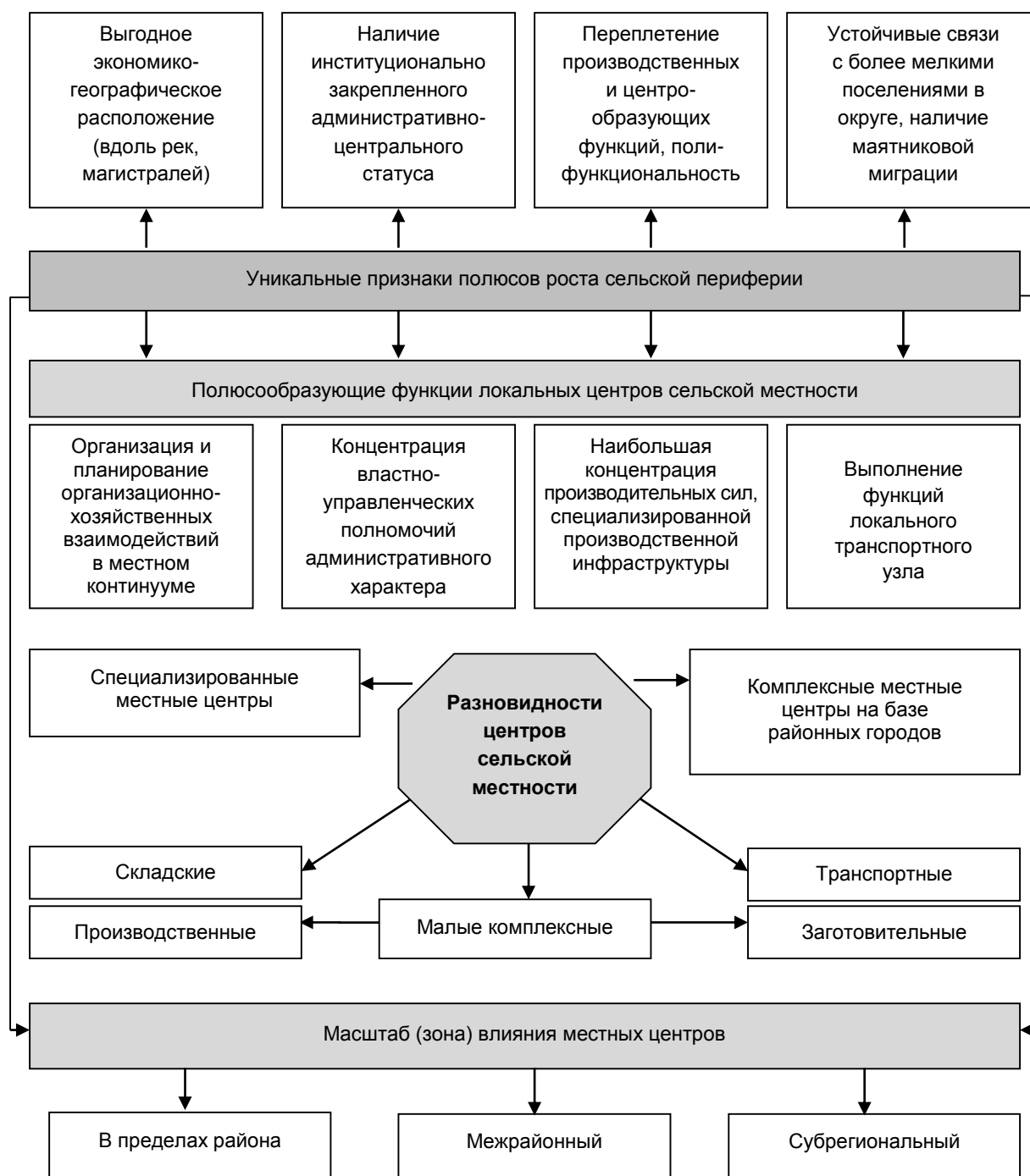
Отмеченные тенденции сохраняются и в настоящее время при незначительных параметрических колебаниях в некоторых экономических районах, при этом действуют несколько взаимокомпенсирующих процессов:

- урбанизация – возвратная дезурбанизация (рурализация);
- модернизация сферы жизнеобеспечения сельской местности – критический износ инженерно-коммунальной инфраструктуры;
- повышение производительности труда за счет технико-технологической модернизации сельского хозяйства
- низкая плотность населения, формирующая предпосылки для снижения эффективности сельскохозяйственного освоения земель и др.

Результатом трансформаций в агросоциохозяйственной сфере сельской местности явилось видоизменение функциональной роли сельских населенных пунктов. Произошел переход от монофункционального к полифункциональному характеру ведения хозяйственной деятельности. Все чаще, наряду с производственными функциями, многие поселения сельского типа стали выполнять функции местных центров, закрепляя за собой гравитационные связи с близлежащими второстепенными населенными пунктами. Начала проявляться феноменология «полюсов роста», в ее основе – усиление роли локальных центров в обширной смежной сельскохозяйственной зоне с концентрацией населения и возможностями удовлетворения их жизненных социально-бытовых потребностей. При этом функции центров и «полюсов» роста проявляются в различных сферах:

- организационно-хозяйственной, связанной с планированием и организацией сельскохозяйственной деятельности;
- административно-территориальной, опосредуемой выполнением функций самоуправления и реализации делегированных полномочий на уровень поселений;
- социально-инфраструктурной, идентифицируемой в контексте развития и функционирования отраслей социальной инфраструктуры на селе;
- торгово-сервисной, формируемой в процессе обеспечения рынка товарами и услугами народного потребления;
- заготовительной и перерабатывающе-сбытовой, представляющей собой совокупность процессов и механизмов обеспечения основного сельскохозяйственного производства сырьем, комплектующими изделиями и каналами сбыта готовой продукции;
- снабженческой, что в совокупности формирует систему сложных агросоциохозяйственных связей между центральными (в пределах определенного ареала) поселениями и второстепенными населенными пунктами.

Наиболее типичными территориями – «полюсами роста» являются административные центры муниципальных районов (округов), которые выполняют функции пространственно-связующих локалитетов, зональных производственных агломераций, транспортных узлов, удовлетворяющих комплекс потребностей местного континуума. При этом в регионах Юга России (Краснодарский и Ставропольский края, Ростовская область) в рамках Равнинно-Кубанской модели расселения в ходе экспедиционных наблюдений легко идентифицируются дополнительные сублокальные центры, выделяющиеся благодаря удачному экономико-географическому расположению, имеющие на своей территории устойчиво развивающееся производственное предприятие сельскохозяйственного профиля, действующую социальную инфраструктуру и дополнительно совмещающее в себе функции транспортно-логистического, промышленного (аграрно-индустриального) и агрорекреационного характера (см. рис.).



**Проявление функций «полюса роста» сельских поселений, их многообразие в традиционно-аграрных регионах**

Источник: составлено авторами с учетом данных [8, 9, 10].

Исходя из проведенного анализа особенностей имеющихся моделей расселения, систематизации полюсо-образующих функций сельских территорий считаем правомочным предложить собственную типологию пространственных полюсов роста сельской периферии в традиционно-аграрных регионах (табл. 3), основанную на систематизированных разнородных признаках локальных полюсов роста, сформулированных с позиций производственной специализации, институционального статуса, инфраструктурной обеспеченности, пространственного положения и роли в сельском континууме обширных территорий сельской периферии. Представленная типология не является исчерпывающей в свете множества частных региональных особенностей.

Очевидно, что институциональное оформление и фактическое (на месте) формирование пространственных полюсов роста сельской периферии в традиционно-аграрных регионах потребует не только определенного периода времени для решения разноплановых, многоаспектных задач, но и согласования пространственной, социально-экономической и агропродовольственной (отраслевой) политики развития сельской периферии. Подобное согласование должно проводиться с учетом исторически сложившихся моделей расселения, свойственных тем или иным традиционно-аграрным регионам. Все это предполагает необходимость выработки примерного алгоритма реализации комплекса нормативно-управленческих и организационно-методических задач, логически выстроенных по времени осуществления (табл. 4).

**Таблица 4. Логическая схема формирования локальных полюсов роста сельской периферии в традиционно-аграрных регионах**

<b>Краткосрочные задачи (1-3-й годы реализации)</b>	<b>Среднесрочные задачи (3-6-й годы реализации)</b>	<b>Долгосрочные задачи (6-12-й годы реализации)</b>
Цель – проведение комплекса подготовительных мероприятий нормативного, аналитического, организационно-методического характера, отражение концепции в документах отраслевого планирования	Цель – формирование в регионах с аграрной специализацией экономики первичной сети полюсов роста на сельской периферии; создание системы их комплексной поддержки и стимулирования	Цель – разветвление первичной сети полюсов роста сельской периферии за счет центров 2-го и 3-го порядков; систематизация, обобщение и экстраполяция опыта на прочие аграрно ориентированные субъекты
Задачи: осуществление исследовательских работ; идентификация сложившегося типа расселения, а также сельских поселений с полюсо-формирующими функциями; принятие необходимой нормативно-методической базы; планирование бюджетных и внебюджетных средств для финансирования; разработка соответствующих программ и проектов	Задачи: формирование и реализация программ и проектов по инфраструктурному обеспечению сельских полюсов роста, поддержке и стимулированию малого агробизнеса, ЛПХ и самозанятости; активизация системы социальных грантов на ведение сельских промыслов и открытие новых производств; создание условий для возвратной миграции из городов	Задачи: закрепление на институциональном уровне понятия «полюс роста сельской периферии»; распространение инструментов на центры аграрной периферии 2-го и 3-го порядков, их включение в программы и планы пространственно-экономических трансформаций; ретранслирование опыта на другие регионы

Рассматривая в контексте обсуждения полученных результатов итоги их критического соотнесения с более ранними собственными исследованиями авторов [8, 9, 10], отметим, что сельская периферия хоть и медленно, но неуклонно движется к постагроиндустриальной парадигме экономической динамики. По крайней мере, это характерно для ближней сельской периферии, наиболее активно «срачивающейся» с региональными центрами и агломерациями городов. Данную феноменологическую тенденцию выделила и описала в своих исследованиях Т.Г. Нефедова [5, 6, 7].

В результате предлагаемая нами прикладная идея формирования локальных полюсов роста сельской периферии в традиционно-аграрных регионах не только дополняет положения концепций субурбанизации, устойчивого многофункционального развития сельских территорий, рурализации, человеческого капитала сельской местности, но и является инструментальным решением при согласовании пространственной и социально-экономической политики развития сельских муниципальных образований в имеющемся разнообразии региональных субъектов с аграрной специализацией их экономики.

Таблица 3. Типологические признаки и типология локальных полюсов роста сельской периферии в традиционно-аграрных регионах Северо-Кавказского и Центрально-Черноземного районов

Типологические признаки локальных полюсов роста	Типология локальных полюсов роста сельской периферии			
	Равнинно-Кубанская модель расселения	3-й порядок	1-й порядок	2-й порядок
Ранговые порядки полюсов роста				
Административно-территориальный статус поселения	Административный центр укрупненных муниципальных районов	Административные центры муниципальных округов	Административные центры муниципальных образований на пересечении транспортных путей	Административные центры муниципальных образований
Функциональность поселения (моно- / полифункциональные)	Полифункциональные	Полифункциональные	Бифункциональные	Бифункциональные
Расстояние (изолиния транспортной доступности) до региональной столицы	Не более 70 км / 60 мин.	До 150 км / 120 мин.	До 200 км / 180 мин.	До 250 км / 180 мин.
Выполняемые полюсообразующие функции / масштаб влияния	Комплекс функций / субрегиональный	Комплекс функций / межрайонный	Функции локального транспортного узла / районный	Функции локального транспортного узла / районный
Имеющиеся отрасли инфраструктуры	Производственная, транспортная, социальная, институциональная	Производственная, транспортная, социальная, институциональная	Производственная, транспортная, частично социальная	Производственная, транспортная
Генетический тип поселения	Сверхкрупные казачьи (торгово-форпостовые) станицы / села (группы сел)	Колхозные / совхозные села начала XX в., села переселенцев	Колхозные / совхозные села начала и второй половины XX в.	Бывшие помещичьи деревни, постреформенные поселки
Производственный тип поселения	Опорное поселение – комплексный центр аграрного, аграрно-индустриального профиля	Малые комплексные аграрного или (аграрно-индустриального) профиля	Специализированные местные центры в пределах района	Малый местный центр комплексного или специализированного характера

Источник: составлено авторами с учетом данных [2].



**Выводы**

Сформированная и с организационно-методических позиций проработанная реализация идеи формирования опорных комплексных и малых специализированных полюсов роста в границах сельской периферии, на наш взгляд, является значимым дополнением к системе инструментов обеспечения устойчивого многофункционального развития сельской местности. Даже ее частичное отражение в стратегических документах отраслевого и территориального планирования социально-экономического развития аграрно ориентированных регионов создаст предпосылки для дополнительного закрепления кадров на селе, «купирования» критических темпов обезлюдения сельской местности и выравнивания уровня межтерриториальной дифференциации в качестве жизни между сельским и городским населением.

Комплексное формирование полюсов роста также предполагает синхронное регулирование инфраструктурного обеспечения сельских территорий в единстве компонентов производственной, транспортно-логистической, социальной инфраструктуры, стимулирование развития малых форм агробизнеса и самозанятости в сельских производствах и промыслах, благоустройство территорий, их культурно-просветительское развитие. Эти и другие системные мероприятия требуют конкретизации на уровне проектов и программ устойчивого многофункционального развития сельских населенных пунктов, сельских муниципальных районов и округов.

---

**Список источников**

1. Казаков М.Ю. Общие конституирующие признаки периферийных территорий в экономическом пространстве аграрно-индустриального региона // Вестник Бурятского государственного университета. Экономика и менеджмент. 2018. № 1. С. 48–55. DOI: 10.18101/2304-4446-2018-1-48-55.
2. Ковалев С.А. Типология и районирование сельского расселения [Электронный ресурс] // Демоскоп Weekly. Электронная версия бюллетеня «Население и общество». 2006. № 255–256. URL: <http://www.demoscope.ru/weekly/2006/0255/analit08.php> (дата обращения: 23.01.2023).
3. Куренная В.В., Зайцева М.В., Сучкова А.А. Детерминанты и механизм мультифункционального развития сельских территорий Юга России // Вестник Института дружбы народов Кавказа. Теория экономики и управления народным хозяйством. Экономические науки. 2019. № 4. С. 43–50.
4. Лаппо Г.М., Лухманов Д.Н., Нефедова Т.Г. и др. Город и деревня в Европейской России: Сто лет перемен: Памяти Вениамина Петровича Семенова-Тян-Шанского: монография; редакторы-составители Т.Г. Нефедова и др. Москва: ОГИ, 2001. 557 с.
5. Нефедова Т.Г. Городская сельская Россия [Электронный ресурс] // Сайт ПОЛИТ.РУ. Дата публикации 13 января 2004 г. URL: <https://polit.ru/article/2004/01/13/demoscope141/> (дата обращения: 21.01.2023).
6. Нефедова Т.Г. Десять актуальных вопросов о сельской России: ответы географа. Москва: URSS, 2012. 452 с.
7. Нефедова Т.Г. Российская периферия как социально-экономический феномен // Региональные исследования. 2008. № 5. С. 14–31.
8. Нефедова Т.Г. Российские дачи в разном масштабе пространства и времени [Электронный ресурс] // ДемоскопWeekly. 2015. № 657–658. URL: <http://www.demoscope.ru/weekly/2015/0657/demoscope657.pdf> (дата обращения: 21.01.2023).
9. Нефедова Т.Г. Сельское Ставрополье глазами московского географа. Разнообразие районов на Юге России. Ставрополь: Изд-во СГУ, 2012. 81 с.
10. Саушкин Ю.Г. Географическое изучение сельских населенных пунктов Советского Союза // Вопросы географии. 1947. № 5. С. 53–66.
11. Терновых К.С., Маркова А.Л. Социализация развития сельских территорий как фактор повышения качества жизни // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2012. № 3. С. 102–108.
12. Троцковский 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.
13. Perroux F. Economic Space: Theory and Applications // Quarterly Journal of Economics. 1950. Vol. 64(1). Pp. 89–104.

**References**

1. Kazakov M.Yu. Obshchie konstituiruyushchie priznaki periferijnykh territorij v ekonomicheskom prostranstve agrarno-industrial'nogo regiona [General constitutive signs of peripheral territories in the economic space of agro-industrial regions]. *Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika i menedzhment = Bulletin of Buryat State University. Economy and Management*. 2018;1:48-55. DOI: 10.18101/2304-4446-2018-1-48-55. (In Russ.).

2. Kovalev S.A. Tipologiya i rajonirovanie sel'skogo rasseleniya. Demoskop Weekly. Elektronnaya versiya byulletenya "Naselenie i obshchestvo". 2006. № 25-256 [Typology and zoning of rural settlement. Demoscope Weekly. Electronic version of the bulletin "Population and Society". 2006;255-256]. URL: <http://www.demoscope.ru/weekly/2006/0255/analit08.php>. (In Russ.).
3. Kurennaya V.V., Zaitseva M.V., Suchkova A.A. Determinanty i mekhanizm mul'tifunktional'nogo razvitiya sel'skikh territorij Yuga Rossii [Determinants and mechanism of multifunctional development of rural territories of the South of Russia]. *Vestnik Instituta druzhby narodov Kavkaza. Teoriya ekonomiki i upravleniya narodnym khozyajstvom. Ekonomicheskie nauki = Bulletin Peoples' Friendship Institute of the Caucasus. The Economy and National Economy Management. Economic Sciences*. 2019;4:43-50. (In Russ.).
4. Lappo G.M., Lukhmanov D.N., Nefedova T.G. et al. Gorod i derevnya v Evropejskoj Rossii: Sto let peremen: Pamyati Veniamina Petrovicha Semenova-Tyan-Shanskogo : monografiya ; redaktory-sostaviteli T.G. Nefedova i dr. [The town and the country in European Russia: One Hundred Years of Changes: In Memory of Veniamin Petrovich Semenov-Tyan-Shansky : monograph; compiling editors T.G. Nefedova et al.]. Moscow: OGI Press; 2001. 557 p. (In Russ.).
5. Nefedova T.G. Gorodskaya sel'skaya Rossiya. Sajt POLIT.RU. Data publikatsii 13 yanvarya 2004 g. [Urban rural Russia. POLIT.RU Website. Date of publication January 13, 2004]. URL: <https://polit.ru/article/2004/01/13/demoscope141>. (In Russ.).
6. Nefedova T.G. Desyat' aktual'nykh voprosov o sel'skoj Rossii: otvety geografa [Ten topical issues about rural Russia: geographer's answers]. Moscow: URSS Press; 2012. 452 p. (In Russ.).
7. Nefedova T.G. Rossijskaya periferiya kak sotsial'no-ekonomicheskij fenomen [Russia's periphery as a socio-economic phenomenon]. *Regional'nye issledovaniya = Regional Studies*. 2008;5:14-31. (In Russ.).
8. Nefedova T.G. Rossijskie dachi v raznom mashtabe prostranstva i vremeni [Russia's dachas on a different scale of space and time]. *DemoskopWeekly = Demoscope Weekly*. 2015;657-658. URL: <http://www.demoscope.ru/weekly/2015/0657/demoscope657.pdf>. (In Russ.).
9. Nefedova T.G. Sel'skoe Stavropol'e glazami moskovskogo geografa. Raznoobrazie rajonov na Yuge Rossii [Rural Stavropol through the eyes of a Moscow geographer. Diversity of districts in the South of Russia]. Stavropol: Stavropol State University Press; 2012. 81 p. (In Russ.).
10. Saushkin Yu.G. Geograficheskoe izuchenie sel'skikh naselennykh punktov Sovetskogo Soyuzha [Geographical study of rural settlements of the Soviet Union]. *Voprosy geografii = Problems of Geography*. 1947;5:53-66. (In Russ.).
11. Ternovykh K.S., Markova A.L. Socializatsiya razvitiya sel'skikh territorij kak faktor povysheniya kachestva zhizni [Socialization of the rural territories development as a factor of improving the quality of life]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2012;3:102-108. (In Russ.).
12. Trotskovskii A.Ya., Mishchenko I.V., Mishchenko O.A. Prostranstvennoe razvitie sel'skoj periferii: metodologiya i osnovnye rezul'taty issledovaniya [Spatial development of rural periphery: methodology and main research results]. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika = Regional economy: theory and practice*. 2014;45:2-16. (In Russ.).
13. Perroux F. Economic Space: Theory and Applications. *Quarterly Journal of Economics*. 1950;64(1):89-104.

#### Информация об авторах

A.B. Агибалов – доктор экономических наук, доцент, ректор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [main@vsau.ru](mailto:main@vsau.ru).

K.C. Терновых – доктор экономических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, зав. кафедрой организации производства и предпринимательской деятельности в АПК ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [Ktern@yandex.ru](mailto:Ktern@yandex.ru).

V.V. Куренная – доктор экономических наук, профессор кафедры экономики и организации ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», [vita0810@list.ru](mailto:vita0810@list.ru).

M.Yu. Казаков – доктор экономических наук, профессор кафедры экономической безопасности ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», [stmajkl@ya.ru](mailto:stmajkl@ya.ru).

#### Information about the authors

A.V. Agibalov, Doctor of Economic Sciences, Docent, Rector, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [main@vsau.ru](mailto:main@vsau.ru).

K.S. Ternovykh, Doctor of Economic Sciences, Professor, Meritorious Scientist of the Russian Federation, Head of the Dept. of Farm Production Management and Entrepreneurial Business in Agro-Industrial Complex, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [Ktern@yandex.ru](mailto:Ktern@yandex.ru).

V.V. Kurennaya, Doctor of Economic Sciences, Professor, the Dept. of Economics and Organization, Moscow Polytechnic University, [vita0810@list.ru](mailto:vita0810@list.ru).

M.Yu. Kazakov, Doctor of Economic Sciences, Professor, the Dept. of Economic Security, Kuban State Technological University, [stmajkl@ya.ru](mailto:stmajkl@ya.ru).

**Статья поступила в редакцию 26.02.2023; одобрена после рецензирования 28.03.2023; принята к публикации 04.04.2023.**

**The article was submitted 26.02.2023; approved after reviewing 28.03.2023; accepted for publication 04.04.2023.**

© Агибалов A.B., Терновых K.C., Куренная V.V., Казаков M.Yu., 2023

5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА  
(ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья  
УДК 332.1:338.43

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2023\_2\_167

EDN: ZILUKD

**Стратегия устойчивого развития сельских территорий:  
новый взгляд в контексте экономических интересов**

Эдем Амитьевич Калафатов<sup>1✉</sup>

<sup>1</sup>Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского,  
Институт экономики и управления, г. Симферополь, Россия

<sup>1</sup>kalafatov\_edem@mail.ru<sup>✉</sup>

**Аннотация.** Происходящие в последние годы изменения в стратегическом планировании развития России и регионов требуют усиления внимания к устойчивому развитию сельских территорий. Новым предметом для исследований в этой области являются экономические интересы сельского сообщества: населения, хозяйствующих субъектов и органов власти. Показано, что при разработке стратегии устойчивого развития сельских территорий должны учитываться экономические интересы всех субъектов сельской местности в системе взаимодействия «центр – регион – сельские территории». В соответствии с этим раскрыта природа экономических интересов, представляющая по своему содержанию многоэлементную систему, обусловленную как спецификой элементов, входящих в ее состав (потребность, ценность, мотив и стимул), так и существующими условиями и проблемами их реализации на селе. Доказано, что каждая сельская территория должна сформировать свои стратегические приоритеты, реализация которых будет осуществляться в процессе выбора нескольких разработанных сценариев. В качестве основных стратегических приоритетов устойчивого развития сельских территорий с учетом экономических интересов выделены: расширенное воспроизводство; обеспечение продовольственной и экологической безопасности; улучшение жизнеобеспечения, направленное на удовлетворение потребностей сельского населения и, как следствие, на повышение качества жизни; соответствие сельских сообществ современным реалиям при сохранении сельской самобытности; сбалансированное взаимодействие сельских субъектов и согласование их интересов. Разработка и реализация стратегии устойчивого развития сельских территорий в контексте экономических интересов должна включать следующие этапы: обоснование стратегических целей и приоритетов, разработка стратегии, механизм и инструменты реализации стратегии, границы разработки и реализации стратегии. Итоги исследования представляют интерес для органов государственной и местной власти, осуществляющих стратегическое управление устойчивым развитием сельских территорий, а также для сельского сообщества за счет расширения прав, взаимодействия и согласованности экономических интересов.

**Ключевые слова:** сельские территории, устойчивое развитие, стратегические приоритеты, экономические интересы, удовлетворение потребностей, качество жизни

**Для цитирования:** Калафатов Э.А. Стратегия устойчивого развития сельских территорий: новый взгляд в контексте экономических интересов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 2(77). С. 167–177. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_167-177](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_167-177).

5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS  
(ECONOMIC SCIENCES)

Original article

**New insight into the strategy for sustainable rural  
development in the context of economic interests**

Edem A. Kalafatov<sup>1✉</sup>

<sup>1</sup>Crimean Federal University by V.I. Vernadsky, Institute of Economics and Management,  
Simferopol, Russia

<sup>1</sup>kalafatov\_edem@mail.ru<sup>✉</sup>

**Abstract.** The changes taking place in recent years in the strategic planning of Russia and the regions require increased attention to the sustainable development of rural areas. A new subject for research in this area is the economic interests of the rural community, i.e. the population, economic entities and authorities. The author considered that when developing a strategy for sustainable development of rural areas, the economic interests of all subjects of rural areas should be taken into account in the system of “center – region – rural territories” interaction; in view of the aforesaid, revealed the nature of economic interests as a multi-element system as follows from its content, specified by both the specific of the elements included in this system, i.e. need, value, motive and incentive, and by the existing conditions and problems of their implementation in rural areas; proved that each rural territory should form its own strategic priorities, the implementation of which will be carried out in the process of choosing several developed alternatives; taking into account economic interests, defined the following key strategic priorities of sustainable development of rural areas: expanded reproduction; food and

environmental security governance; enhancement of sustainment aimed at meeting the needs of the rural population and, as a result, improving the quality of life; compliance of rural communities with modern realities of life while preserving rural identity; balanced interaction of rural subjects and accommodation of their interests. The development and implementation of a strategy for sustainable rural development in the context of economic interests should include the following stages: justification of strategic goals and priorities, strategy development, mechanism and tools for implementing the strategy, the boundaries of strategy development and implementation. The results of the study are of interest to state and local authorities engaged in strategic management of sustainable development of rural areas, as well as to the rural community through the expansion of rights, interaction and coherence of economic interests.

**Keywords:** rural territories, sustainable development, strategic priorities, economic interests, satisfaction of wants, quality of life

**For citation:** Kalafatov E.A. New insight into the strategy for sustainable rural development in the context of economic interests. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(2):167-177. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_167-177](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_167-177).

**В** настоящее время в социально-экономическом и инновационном развитии регионов России особое значение приобретает обеспечение устойчивого развития сельских территорий, которые являются важнейшей стратегической составляющей общества и государства в разрезе их пространственно-территориальной структуры. Интерес многих исследователей к проблемам сельского развития обусловлен прежде всего их значимостью как носителей исторических традиций, культурных ценностей и нравственности, а также вкладом в обеспечение продовольственной и экологической безопасности страны.

Формирование позитивных предпосылок для устойчивого развития сельских территорий представляет одну из стратегических целей, достижение которой поможет:

- значительно улучшить жизнеобеспечение сельского населения и его благосостояние;
- усилить государственную поддержку сельскохозяйственных производителей;
- обеспечить рациональное использование земель сельскохозяйственного назначения и уменьшение техногенной нагрузки аграрного сектора на природную среду;
- повысить конкурентоспособность и эффективность использования потенциала сельских территорий.

В контексте данных направлений стратегический вектор устойчивого развития сельских территорий становится приоритетным курсом проводимой государством аграрной политики.

Анализируя структуру сельских территорий, необходимо отметить, что особое место в ней принадлежит сообществу – сложной совокупности отдельно взятых индивидов и групп, вступающих в социальное взаимодействие в пределах географической территории как базовая единица социальной организации, как некая социальная целостность. Чувство общности в этой совокупности образуется в связи с близостью проживания и сходством экономических интересов, обусловленным множеством факторов жизнедеятельности, сложившимися отношениями и общей системой ценностей.

Структура сельского сообщества как сеть устойчивых и регулярных связей между населением, институтами, группами и организациями, существующими и взаимодействующими в рамках отдельно взятого муниципального образования, оказывает характерное влияние на функционирование и развитие регионального социума. При этом механизм согласования экономических интересов должен основываться на принципах организации взаимоотношений всех субъектов сельской местности и осуществляться с помощью комплекса мер (экономических, организационных, управленческих, правовых), способствующих созданию максимально эффективного взаимодействия между ними.

Существующие в настоящее время проблемы в области планирования устойчивого развития сельских территорий требуют совместных, основанных на коллективном принятии решений и действий. Чтобы это произошло, заинтересованные стороны должны быть сознательно и систематически вовлечены в процесс социального взаимодействия, который в конечном итоге приведет к совместным и устойчивым изменениям.

Интегральной характеристикой как устойчивого развития сельских территорий, так и согласованности экономических интересов является качество жизни, что подтверждается целевой функцией сельского развития.

В основе механизмов повышения уровня и улучшения качества жизни лежат экономические процессы, базирующиеся на возникновении новых отношений, результатом проявления которых выступают экономические интересы. Их изучение имеет основополагающее значение для развития любого общества, поскольку они выступают одной из его движущих сил. На современном этапе эффективное формирование и качественная реализация экономических интересов любого региона через проводимую социально-экономическую политику непосредственно влияет на уровень жизнеобеспечения населения, функционирование хозяйствующих субъектов, работу органов власти и в итоге способствует устойчивому развитию сельской экономики.

Исследования основаны на изучении совокупности литературных источников, посвященных проблемам разработки стратегии устойчивого развития сельских территорий с учетом экономических интересов.

Перечень основных нормативно-правовых документов в области стратегического планирования сельского развития России представлен на рисунке 1. Несмотря на позитивные предпосылки для активизации процессов по переходу на уровень устойчивого развития на региональном и муниципальном уровнях следует признать, что сформировавшаяся база законодательных и нормативно-правовых документов не содержит решений всего спектра сельских проблем.

Осознавая, что одних только стратегических документов недостаточно для обеспечения устойчивого развития сельских территорий, мы полностью согласны с Л.В. Бондаренко, которая считает, что «вывести российское село на траекторию устойчивого развития и создать условия жизни, качественно равные городским, можно только при решении проблемы в рамках жесткой системы координат: цели и задачи – адекватные ресурсы – желаемые результаты» [2, с 877]. То есть необходим механизм разработки стратегии устойчивого развития сельских территориальных образований, который должен объединить стремления и возможности государственных органов управления и органов местного управления, местного сообщества и бизнеса с целью предвидения развития будущей системы, тактической и поступательной работы по реализации.

Одной из особенностей стратегии развития сельских территорий является ориентация на то, что реально работает, улучшает интеграцию между подходами и обеспечивает основу для принятия решений там, где интеграция невозможна. Стратегия выиграет от всестороннего понимания реальной ситуации, складывающейся на сельской территории, что позволит в полной мере учесть сложившиеся условия и потенциал ее развития.

В процессе изучения концепций и теорий, характеризующих сущность экономических интересов с точки зрения различных школ и философских течений, нами был проведен ретроспективный анализ взглядов ученых на развитие этих представлений, сделан вывод о том, что в современной экономической науке интерпретация определения «экономический интерес» до сих пор уточняется.

Большинство исследователей считают, что содержательная и генетическая стороны интересов могут быть раскрыты и поняты только в контексте анализа экономических (или общественных) отношений. Другими учеными подчеркивается, что данное понятие непосредственно связано с объектами, на которые экономические интересы направлены.

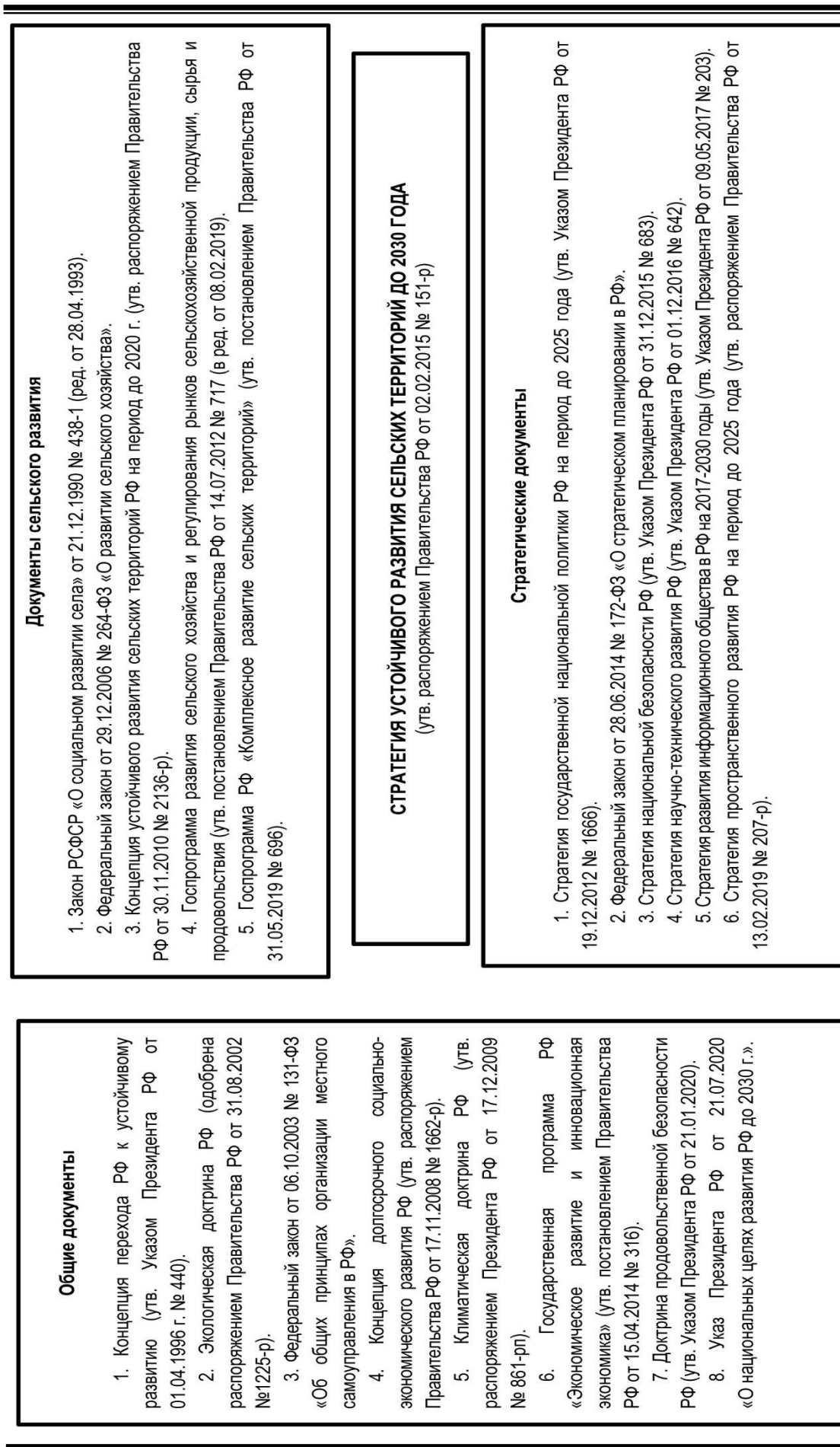


Рис. 1. Система нормативно-правовых документов в области стратегического планирования сельского развития России

Источник: составлено автором.

Ряд ученых и специалистов отождествляют интерес не только с потребностью (политической, социальной и др.), но и с формой ее выражения, а также с объективной необходимостью удовлетворения (качество жизни) [1, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 11]. При более подробном рассмотрении научной терминологии прослеживается одна и та же мысль – экономические интересы направлены на удовлетворение потребностей, поэтому ключевым значением при исследовании сложной природы экономических интересов является их взаимосвязь с потребностями. Это выступает, с одной стороны, как форма проявления экономических потребностей, с другой – как уровень удовлетворения экономических потребностей, а с третьей – как побудительный мотив деятельности субъектов с целью удовлетворения потребностей.

Нельзя недооценивать ограниченность возможностей удовлетворения потребностей, так как у населения в данном процессе различные приоритеты, вырабатываемые на основе склонностей, определенных пристрастий, верований, которые приобретаются не только генетически, но и формируются с воспитанием и приобретением жизненного опыта. То есть в процессе жизни взгляды и убеждения накапливаются и выступают в качестве ориентиров, с помощью которых происходит ранжирование интересов в соответствии со сложившимся в сознании приоритетом ценностей исходя из позитивной или негативной значимости для субъекта.

Ценности могут быть природного и антропогенного происхождения. В экономике в качестве специфических ценностей выступают: богатство как некоторая совокупность располагаемых материальных и природных благ, его приращение (или доход), собственность, деловое соглашение и репутация. Наряду с этим отметим социально-политические нравственные ценности (родина, нация, коллектив, семья, верность долгу и слову и др.). Для каждой системы хозяйствования характерны свои ценности, руководствуясь которыми субъекты вступают в экономические отношения, поэтому базовым элементом возникновения потребностей является система ценностных ориентаций.

Вопрос о ценностных ориентациях очень важен, поскольку совокупность ценностей воздействует на мотивацию любой деятельности (отдельной личности, социальных групп, общества), предопределяя содержание и направленность потребностей и интересов. Мотивы представляют собой внутренние, субъективные побудительные факторы, активизирующиеся непосредственно перед действием или реализацией экономических интересов и определяющие то, ради чего это действие совершается. Близко к мотиву понятие стимул, но если первый прежде всего является фактором, побуждающим к принятию решений действовать определенным образом, то второй – это элемент интереса, конкретная форма и количественное выражение степени его реализации.

Таким образом, экономический интерес по своему содержанию представляет собой многоэлементную систему, в которой формируются потребности, определяемые, с одной стороны, на основе ценностных ориентаций и социально-экономического положения субъекта (то есть его социально-экономического статуса), а с другой – совокупностью мотивов и стимулов к действиям, направленным на реализацию экономических интересов в системе социально-экономических отношений.

В структуру экономического интереса входят:

- потребность (внутреннее состояние психологического или функционального ощущения недостаточности чего-либо, проявляется в зависимости от ситуационных факторов);
- ценность (устойчивое убеждение в том, что определенные способы действия или жизненные цели более предпочтительны для индивида и общества, чем другие);
- мотив (внутренняя побудительная причина любого действия);
- стимул (выгода, которую люди получают в результате выполнения определенных действий, или внешнее воздействие на систему, приводящее к возникновению мотива для выполнения ею определенных действий).

Проведенный анализ содержания и структуры исследуемой категории, а также ее сущностных характеристик позволяет нам определить экономические интересы в сельской местности как возможность удовлетворения осознанных личных и общественных потребностей, сформированных на основе ценностных ориентаций субъектов экономических отношений, которые реализуются в результате активизации мотивов и стимулов их деятельности и влияют на развитие сельских территорий, а также на качество жизни населения.

Данное определение является, с одной стороны, субъективно-психологической категорией, с другой – объективно-поведенческой, а с третьей – субъективно-объективной категорией, что обуславливается объективными условиями общественного воспроизводства и субъективностью интересов экономических субъектов, которыми являются все носители сельских экономических интересов: государство с его органами (учреждениями и ведомствами), различные предприятия, организации и производственные объединения, территории и их население, предприниматели, работники и члены их семей [6].

Следует отметить, что устойчивое развитие сельских территорий непосредственно зависит и от проявлений местных инициатив сельских сообществ и стейкхолдеров (заинтересованных сторон). Впервые упоминание о стейкхолдерах появилось в концепции Р.Э. Фримена в 1984 г., на основе которой впоследствии базировались современные исследования, связанные с выявлением и классификацией экономических интересов взаимодействующих субъектов [12]. Однако данная концепция требует своего уточнения в русле современных направлений институциональной теории, согласно которой в качестве субъектов сельского развития выступают: актор – участник социально-экономических отношений, инициирующий процесс развития сельских территорий (кто воздействует) и агент – субъект воздействия (на кого воздействуют – сельские жители, субъекты сельской экономики, в том числе сельскохозяйственные производители).

С учетом этого обстоятельства, а также проводимой реформы местного самоуправления, целью которой является повышение эффективности организации системы взаимодействия всех субъектов экономических отношений, нами выделены из них основные: население, хозяйствующие субъекты (коммерческие и некоммерческие предприятия), органы управления. Следует особо отметить, что экономические интересы сельских территорий не тождественны сумме интересов представленных субъектов, а значительно шире последних, поскольку здесь задействованы все пространственные сферы сельских территорий (природная, экономическая, социальная и духовная). Эти интересы заключаются не только в эффективном использовании внутренних и внешних ресурсов в целях удовлетворения потребностей, но и в достижении экономической эффективности всей сельской экономики, ее устойчивого роста, что приводит к общему повышению качества жизни в сельской местности (стратегические интересы) [9].

Вместе с этим стоит обратить внимание на тот факт, что экономические интересы сельских территорий неоднородны по административно-территориальным признакам: различают интересы городских, поселковых и сельских муниципальных образований, промышленных и сельскохозяйственных районов, сельских поселений, расположенных вблизи города или на периферии. Зачастую интересы каждого из них реализуются не только в рамках муниципального образования, но и выходят за его пределы в виде вертикального и горизонтального взаимодействия с другими территориями.

Первое направление предполагает связь интересов сельских территорий (муниципальных образований) с интересами государства, регионов и хозяйствующих субъектов, в результате чего образуется вертикаль: федерация – регионы – муниципалитеты – хозяйствующие субъекты – население. Второе направление обусловлено наличием взаимосвязей интересов сельских территорий с интересами других муниципальных районов и функционирующих в них субъектов экономических отношений.



Представленные особенности, обусловленные спецификой потребностей, ценностей, мотивов и стимулов, проявляются в процессе реализации экономических интересов, который на селе имеет свои отличительные черты из-за существования центр-периферийных отношений. Отметим, что сельские территории как муниципальные образования относятся к периферийным или полупериферийным территориям (неурбанизированным), для которых свойственна неудовлетворительная форма реализации экономических интересов. Это связано с тем, что сельские районы не имеют возможности для полного использования природно-ресурсного потенциала, находятся в подчинении региональному центру и передают ему большую часть своих доходов, неэквивалентно обмениваются с ним результатами своей хозяйственной деятельности.

Отсюда система экономических интересов в сельской местности обусловлена не только спецификой элементов, входящих в их состав (потребность, ценность, мотив и стимул), то есть их формированием, но и имеющимися проблемами и особенностями их реализации в различных пространственных сферах, что необходимо учитывать при разработке стратегии устойчивого развития сельских территорий (рис. 2).

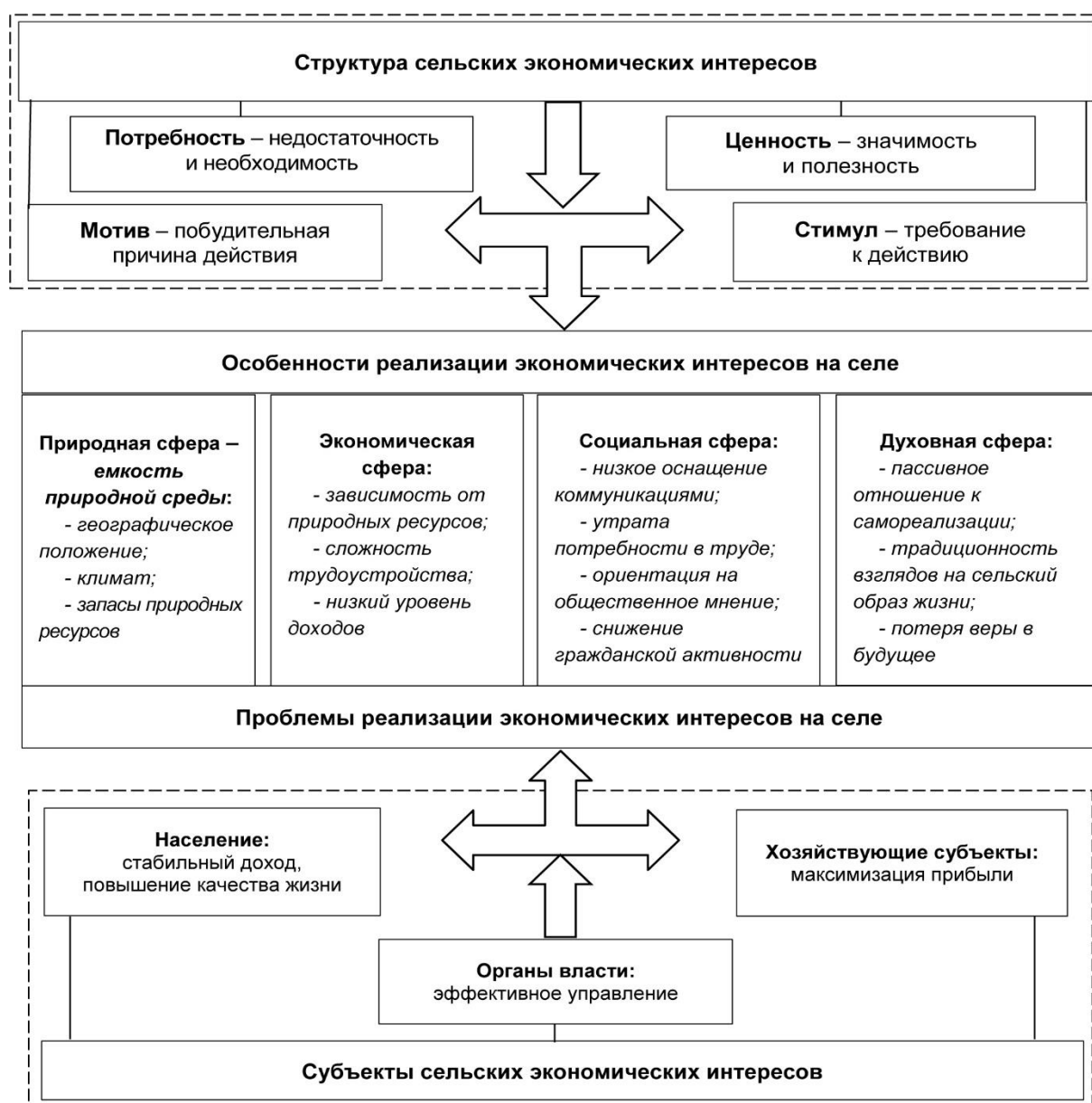


Рис. 2. Концептуальная модель экономических интересов в сельской местности

Источник: составлено автором.

Мы согласны с точкой зрения российского исследователя А.А. Кагановича, что «социальное и демографическое пространственное сжатие» в сельской местности продолжается [4], нарастает отток сельского населения в города, снижается уровень эффективности аграрного производства на фоне ликвидации сельскохозяйственных предприятий, величина заработной платы работников, занятых в отраслях аграрной сферы, остается одной из самых низких по сравнению с другими отраслями. Эти негативные явления в немалой степени влияют на изменения в мышлении сельских жителей и утрату их интересов. Особенно наглядно это проявляется в сельском хозяйстве, поэтому устойчивое развитие сельских территорий должно увязываться с балансом интересов всех субъектов сельской местности:

- с личным приоритетом селян в рамках улучшения качества жизни (личные);
- с расширенным воспроизводством в рамках развития сельского хозяйства как локомотивной отрасли сельских территорий (коллективные);
- с созданием условий для национальной, в том числе продовольственной безопасности (общественные).

Изложенное выше показало важность экономических интересов в системе взаимодействия «центр – регион – сельские территории», что необходимо взять за основу при разработке методов исследований и разработки стратегии устойчивого развития сельских территорий.

Остановимся более подробно на определении стратегических приоритетов, в которых, в свою очередь, посредством стратегического анализа и обобщения определяются точки роста, сформированные путем организации производства на основе имеющихся ресурсов и возможностей сельской экономики.

Сеть «точек роста» приводит к появлению «полюсов роста» в сельской местности, формирующих центр развития с мультипликативным эффектом, который путем внедрения новых элементов в структуру экономики сельских территорий и региона способствует их трансформации в целом.

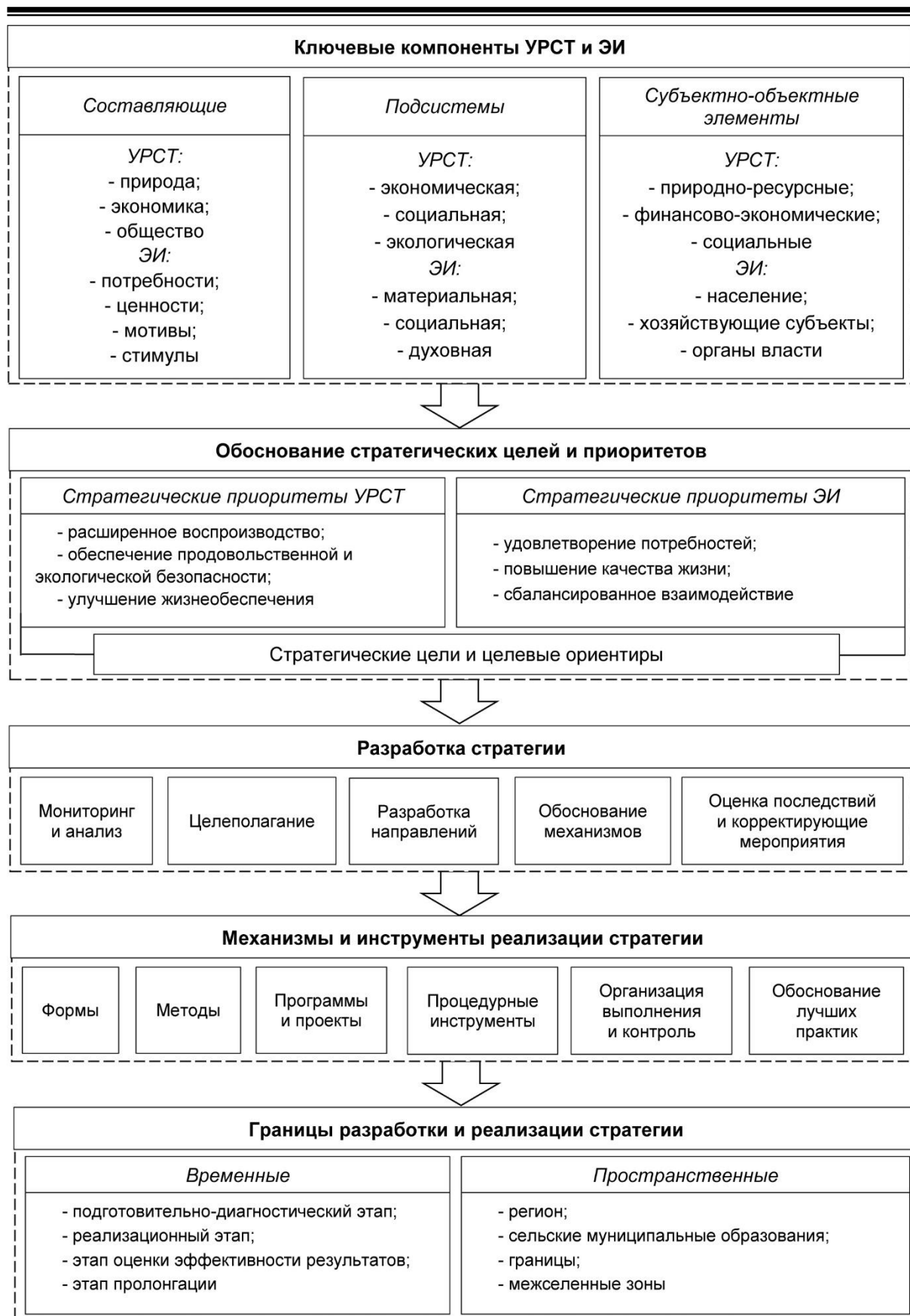
Каждая сельская территория должна сформировать свои стратегические приоритеты, реализация которых осуществляется в процессе выбора нескольких разработанных сценариев. В процессе их формирования важно учитывать их особенности и проблемы, что впоследствии позволит сформировать модель стратегического управления, стратегического плана устойчивого развития и шаблон стратегических задач и целей для каждой группы сельских территорий.

В качестве основных стратегических приоритетов устойчивого развития сельских территорий с учетом экономических интересов выделим:

- расширенное воспроизводство;
- обеспечение продовольственной и экологической безопасности;
- улучшение жизнеобеспечения, направленное на удовлетворение потребностей сельского населения и, как следствие, повышение качества жизни;
- сохранение сельской самобытности при соответствии сельских сообществ современным реалиям жизни;
- сбалансированное взаимодействие сельских субъектов и согласование их интересов.

Все это заставляет под новым углом зрения посмотреть на проблематику совершенствования системы стратегического планирования устойчивого развития сельских территорий и разработку стратегии, ключевые компоненты процесса разработки и реализации которой представлены на рисунке 3.

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ



**Рис. 3. Ключевые компоненты процесса разработки и реализации стратегии устойчивого развития сельских территорий (УРСТ) с учетом экономических интересов (ЭИ)**

Источник: составлено автором.

Учитывая наличие циклично-последовательной взаимосвязи между обозначенными этапами стратегии устойчивого развития сельских территорий, близкую зависимость между мониторингом и оценкой, рекомендуется проводить углубленную экспресс-оценку эффективности в соответствии с поставленными целями, которая позволит оперативно и с наименьшими затратами провести диагностику, интерпретировать полученные результаты, определить резервы сельского развития и сделать обоснованные выводы.

Таким образом, устойчивое развитие сельских территорий в контексте экономических интересов – это сложный и многоаспектный процесс, рассматриваемый с точки зрения управления с акцентом на формирование стратегии. Являясь процессом практических институциональных изменений, направленных в первую очередь на решение проблем устойчивости сельских территорий и повышение качества жизни населения, разрабатываемая стратегия должна концентрироваться на достижении приоритетных целей, реализация которых способна вывести сельские территории на качественно новый уровень развития.

---

#### Список источников

1. Авдеев И.М. К вопросу о сущности экономического интереса // Социально-экономические явления и процессы. 2009. № 1(13). С. 18–20.
2. Бондаренко Л.В. Социально-экономические различия между городом и деревней: научные воззрения и отечественная практика // Вестник Российской академии наук. 2018. Т. 88, № 10. С. 867–877. DOI: 10.31857/S086958730002143-5.
3. Зинченко Г.И. Экономические интересы и стимулы в сельском хозяйстве. Москва: Мысль, 1972. 294 с.
4. Каганович А.А. Модели пространственно-экономического сжатия сельских территорий России // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2017. № 4(106). С. 57–61.
5. Методологические проблемы экономической науки; под ред. И.И. Кузьминова и др. Москва: Мысль, 1967. 381 с.
6. Миронова И.С., Сотников С.М. Гносеология развития категории «экономические интересы» // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2021. № 1. С. 25–36. DOI: 10.17308/econ.2021.1/3347.
7. Радаев В.В., Шкартан О.И. Социальная стратификация: учебное пособие для вузов. Москва: Наука, 1995. 237 с.

8. Социальное управление: Словарь-справочник; под ред. В.И. Добренкова, И.М. Слепенкова. Москва: Изд-во МГУ, 1994. 198 с.
9. Улезько А.В., Семенова И.М. Механизм реализации экономических интересов сельского населения: монография. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2017. 179 с.
10. Философская энциклопедия: в 5 т.; глав. ред. Ф.В. Константинова. Т. 4. Наука логики – Сигети. Москва: Советская энциклопедия, 1960. 591 с.
11. Экономическая теория: учебник; под ред. И.П. Николаевой. Москва: Проспект, 1998. 446 с.
12. Freeman R.E. Strategic Management: A Stakeholder Approach. Boston: Pitman Books Ltd., 1984. 276 p.

#### References

1. Avdeev I.M. K voprosu o sushchnosti ekonomicheskogo interesa [About the essence of economic interest]. *Social'no-ekonomicheskie yavleniya i protsessy = Social economic phenomena and processes*. 2009;1(13):18-20. (In Russ.).
2. Bondarenko L.V. Social'no-ekonomicheskie razlichiya mezhdu gorodom i derevnej: nauchnye vozzreniya i otechestvennaya praktika [Urban and rural socioeconomic disparities: scientific views and domestic practices]. *Vestnik Rossijskoj akademii nauk = Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2018;88(10):867-877. DOI: 10.31857/S086958730002143-5. (In Russ.).
3. Zinchenko G.I. Ekonomicheskie interesy i stimuly v sel'skom khozyajstve [Economic interests and incentives in agriculture]. Moscow: Mysl' Press; 1972. 294 p. (In Russ.).
4. Kaganovich A.A. Modeli prostranstvenno-ekonomicheskogo szhatiya sel'skikh territorij Rossii [Models of spatial and economic compression of Russia's rural territories]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta = Izvestia of Saint Petersburg State University of Economics*. 2017;4(106):57-61. (In Russ.).
5. Metodologicheskie problemy ekonomicheskoy nauki; pod red. I.I. Kuzminova et al. [Methodological problems of economic science; edited by I.I. Kuzminov et al.]. Moscow: Mysl' Press; 1967. 381 p. (In Russ.).
6. Mironova I.S., Sotnikov S.M. Gnoseologiya razvitiya kategorii "ekonomicheskie interesy" [Epistemology of the development of the category "economic interests"]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i upravlenie = Proceedings of Voronezh State University. Series: Economics and Management*. 2021;1:25-36. DOI: 10.17308/econ.2021.1/3347. (In Russ.).
7. Radaev V.V., Shkartan O.I. Sotsial'naya stratifikatsiya: uchebnoe posobie dlya vuzov [Social stratification: textbook for universities]. Moscow: Nauka Press; 1995. 237 p. (In Russ.).
8. Sotsial'noe upravlenie: Slovar'-spravochnik; pod red. V.I. Dobrenkova, I.M. Slepenkova [Social management: Dictionary and handbook; edited by V.I. Dobrenkov, I.M. Slepenkov]. Moscow: Moscow State University Press; 1994. 198 p. (In Russ.).
9. Ulez'ko A.V., Semenova I.M. Mekhanizm realizatsii ekonomicheskikh interesov sel'skogo naseleniya: monografiya [Mechanism of realization of economic interests of rural population: monograph]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2017. 179 p. (In Russ.).
10. Filosofskaya entsiklopediya: v 5 t.; glav. red. F.V. Konstantinova. T. 4. Nauka logiki – Sigeti [Philosophical Encyclopedia: in 5 volumes; Chief editor F.V. Konstantinova. Vol. 4. Science of Logic – Sigeti]. Moscow: Sovetskaya entsiklopediya Press; 1960. 591 p. (In Russ.).
11. Ekonomicheskaya teoriya: uchebnik; pod red. I.P. Nikolaevoy [Economic theory: textbook; edited by I.P. Nikolaeva]. Moscow: Prospekt Press; 1998. 446 p. (In Russ.).
12. Freeman R.E. Strategic Management: A Stakeholder Approach. Boston: Pitman Books Ltd.; 1984. 276 p.

#### Информация об авторе

Э.А. Калафатов – кандидат экономических наук, доцент кафедры финансов и кредита, Институт экономики и управления, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», kalafatov\_edem@mail.ru.

#### Information about the author

E.A. Kalafatov, Candidate of Economics Sciences, Docent, the Dept. of Finance and Credit, Institute of Economics and Management, Crimean Federal University by V.I. Vernadsky, kalafatov\_edem@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 04.05.2023; одобрена после рецензирования 06.06.2023; принята к публикации 20.06.2023.

The article was submitted 04.05.2023; approved after reviewing 06.06.2023; accepted for publication 20.06.2023.

© Калафатов Э.А., 2023

5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА  
(ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 332.145

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2023\_2\_178

EDN: ZQMQUVU

**Обоснование приоритетных направлений развития  
агропродовольственного комплекса и механизмов его государственной  
поддержки (на примере муниципального района Республики Татарстан)**

Марина Евгеньевна Кадомцева<sup>1✉</sup>

<sup>1</sup>Институт аграрных проблем – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Саратовский научный центр Российской академии наук», Саратов, Россия

<sup>1</sup>Kozyreva\_marina\_@mail.ru<sup>✉</sup>

**Аннотация.** В условиях высокой степени неопределенности экономической ситуации реальный сектор экономики России особенно остро нуждается в государственной поддержке и корректировке стратегических направлений развития. Кардинальные изменения, происходящие в социально-экономическом пространстве, обуславливают необходимость пересмотра подходов к стратегическому планированию и управлению важнейшим сектором реальной экономики – агропродовольственным комплексом (АПК). При этом построение адекватной системы государственной поддержки АПК должно учитывать особенности развития в разрезе его территориально-отраслевой структуры. На примере Агрызского муниципального района Республики Татарстан рассмотрены современное состояние и тенденции развития локальной аграрной системы. Представлен анализ динамики показателей эффективности сельскохозяйственного производства и ключевых факторов, ее определяющих. Изучение структуры производителей позволило установить, что высокую долю в общем объеме валовой сельскохозяйственной продукции района производят малые формы хозяйствования, в связи с чем особое внимание уделено вопросам государственной поддержки малого предпринимательства, а также развитию сельской кооперации. Проведена оценка преимуществ транспортно-логистического положения территорий, природно-климатического и производственного потенциала районного АПК, сделан вывод о недостаточно эффективном использовании его потенциала, обоснована необходимость применения дифференцированного подхода к распределению средств государственной поддержки, учитывающего местные особенности. Разработка приоритетных направлений развития отраслей агропродовольственного комплекса в тесной взаимосвязи с их ресурсным обеспечением позволила сформулировать практические рекомендации по совершенствованию государственной поддержки хозяйствующих субъектов различных категорий и определить контуры сбалансированной стратегии развития агропродовольственного комплекса Агрызского района Республики Татарстан в среднесрочном горизонте планирования.

**Ключевые слова:** агропродовольственный комплекс, Агрызский муниципальный район, ресурсный потенциал, государственная поддержка, эффективность

**Для цитирования:** Кадомцева М.Е. Обоснование приоритетных направлений развития агропродовольственного комплекса и механизмов его государственной поддержки (на примере муниципального района Республики Татарстан) // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 2(77). С. 178–194. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_178-194](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_178-194).

5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS  
(ECONOMIC SCIENCES)

Original article

**Substantiation of priority development fields of the  
agri-food complex and its state support mechanisms  
(case study of the municipal district of the Republic of Tatarstan)**

Marina E. Kadomtseva<sup>1✉</sup>

<sup>1</sup>Institute of Agrarian Problems – Subdivision of the Federal State Budgetary Research Institution  
Saratov Federal Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Saratov, Russia

<sup>1</sup>kozyreva\_marina\_@mail.ru<sup>✉</sup>

**Abstract.** In the tumultuous environment, real sector of the Russian economy is particularly in need of state support and adjustment of lines of strategic development. Cardinal changes taking place in the socioeconomic space necessitate a revision of approaches to strategic planning and management of the most important sector of

the real economy, i.e. the Agro-Industrial Complex (AIC) on the whole and its basic part agri-food complex in particular. At the same time, the construction of an adequate system of state support for the Agro-Industrial Complex should take into account the peculiarities of development in the context of its territorial and sectoral structure. The author, on the example of the Agryz municipal district of the Republic of Tatarstan, considered the current state and trends in the development of the local agrarian system; presented the detailed analysis of the dynamics of agricultural production efficiency indicators and key factors determining it; based on results of the structure of producers analysis performed, defined that a high share in the total volume of gross agricultural output of the district was produced by small business patterns, due to what special attention was paid to issues of state support for small businesses, as well as the development of rural cooperation. Beyond that the author assessed the advantages of the transport and logistics situation of the territories, the natural and climatic and production potential of the district and its agri-food complex; drew a conclusion about the insufficiently effective use of its potential; substantiated the need for a differentiated approach to state support funds allocation, taking into account local peculiarities. The extension of priority directions for the development of agri-food complex branches in close relationship with their resource provision made it possible to formulate practical recommendations for improving state support for economic entities of various categories and to define the contours of a balanced strategy for the development of the agri-food complex of the Agryz district of the Republic of Tatarstan in the medium-term planning horizon.

**Keywords:** agri-food complex (AFC), Agryz municipal district, resource potential, state support, efficiency

**For citation:** Kadomtseva M.E. Substantiation of priority development fields of the agri-food complex and its state support mechanisms (case study of the municipal district of the Republic of Tatarstan). *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(2):178-194. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_178-194](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_178-194).

**В** условиях реализации стратегии социально-экономического развития России, нацеленной на достижение экономической безопасности на федеральном, региональном, муниципальном и отраслевом уровнях, фундаментом обеспечения продовольственной безопасности является устойчивое развитие национального агропродовольственного комплекса. Территориальное размещение и специализация, инфраструктурная составляющая, природно-климатические условия, организационно-производственная структура – все это обуславливает заметные различия в развитии агропродовольственного комплекса субъектов Российской Федерации [2, 22], которые определяют роль того или иного субъекта в системе межрегиональных продовольственных отношений и механизмы управления этими отношениями [21].

Общими признаками территориальной структуры экономики России являются наличие диспропорций, неравномерность распределения основных социально-экономических параметров по таксонометрическим единицам страны, в частности крупным региональным социально-экономическим системам. Одной из таких систем является Республика Татарстан (РТ), включающая в себя 43 муниципальных района и два городских округа. Республика уверенно входит в пятерку лидеров среди субъектов Российской Федерации по объему валовой сельскохозяйственной продукции и полностью удовлетворяет потребности населения в основных продуктах питания. При этом точки роста, концентрация и специализация производства находятся в разных территориальных образованиях республики.

Происходящие изменения актуализировали необходимость совершенствования территориальной организации производительных сил, в связи с чем автором выполнены исследования с целью выявления тенденций развития и комплексной оценки важнейших параметров агропродовольственного комплекса Агрызского муниципального района Республики Татарстан.

В целом последовательное описание небольших локальных подсистем будет способствовать формированию карты реального производственно-экономического ландшафта, что приобретает особую важность для понимания процессов, происходящих в территориально-отраслевом пространстве, поиска точек роста для догоняющих территорий, разработки гибких подходов к системе бюджетных отношений, совершенствования институциональной среды на различных уровнях управления.

Анализируемый муниципальный район, имея выгодное транспортно-логистическое положение, удовлетворительные природно-климатический и производственный потен-

циалы, может внести существенный вклад в валовое производство основных видов сельскохозяйственной продукции и развитие продуктовых цепочек на территории республики и за ее пределами.

Теоретико-методологическую основу выполненного анализа составили труды российских исследователей в области экономики и управления агропродовольственным комплексом, дифференциации развития региональных агросистем, факторов, определяющих эти различия. Теоретический фундамент в области изучения агропродовольственных систем заложили А.А. Анфиногентова, Э.Н. Крылатых, А.А. Никонов [1, 10, 13].

Различным аспектам государственного регулирования и стратегического планирования АПК на федеральном, региональном или местном уровне посвящены работы Е.Б. Дворядкиной и Е.А. Белоусовой, Е.В. Ильинской, Н.А. Ларионовой, Л.С. Шеховцевой [5, 6, 11, 27], которые использовали сравнительный анализ периферийных территорий АПК и уровень дифференциации их развития.

Выявлению факторов внутрирегиональной асимметрии агропроизводства посвящены труды С.С. Патраковой, И.Н. Федоренко и Э.С. Кузнецовой [21, 25]. В публикациях этих авторов особое внимание уделено описанию уровня развития производственного потенциала АПК, транспортной инфраструктуры, структурных особенностей региональных агросистем и др. Особое значение для развития агропромышленного производства на уровне муниципальных районов имеет социальная составляющая [8, 14, 26]. Основным вывод, который делают исследователи, заключается в том, что важно правильно определить приоритеты и найти эффективные механизмы саморазвития территории.

Финансово-хозяйственную деятельность Агрызского муниципального района анализировали по основным производственным, экономическим и социальным показателям, приведенным в Стратегии социально-экономического развития Агрызского муниципального района Республики Татарстан на 2016–2021 годы и на плановый период до 2030 года [23], Государственной программе «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия в Республике Татарстан на 2013–2025 годы» [15], Паспорте Агрызского муниципального района [20]. Использовали данные территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Татарстан [24], отчетов ведомств на портале «Открытый Татарстан» [18], официальных сайтов муниципальных районов и сельскохозяйственных организаций Республики Татарстан и Республики Удмуртия.

Эмпирические данные о численности населения, структуре производителей сельскохозяйственной продукции, фактическом использовании и состоянии пашни были взяты на сайте Федеральной службы государственной статистики (Росстат). Количественные показатели отражают процесс прогрессивных структурных изменений, поэтому сравнения проводились по районам на основе абсолютных значений показателей. Обработанные данные были синтезированы в виде таблиц и графиков, позволяющих наглядно представить динамику выбранного индикатора. При работе с наборами статистических данных также использовались методы экономико-статистического анализа. Полученные значения соотнесены с показателями государственной поддержки агропроизводителей, рассчитанными по материалам сплошного федерального статистического наблюдения за деятельностью субъектов малого и среднего предпринимательства и отчетам Министерства сельского хозяйства Российской Федерации.

На примере Республики Татарстан рассмотрим локальную агропродовольственную систему Агрызского муниципального района. Географически район расположен в северо-восточной части республики. Основными видами деятельности промышленных предприятий являются добыча полезных ископаемых, обрабатывающие производства (производство пищевых продуктов), обеспечение электрической энергией, газом и паром. Значительную долю в валовом территориальном продукте района (около 40%) занимает сельское хозяйство, ориентированное на такие отрасли, как зерновое производство,



картофелеводство, мясо-молочное скотоводство и свиноводство. Природно-климатический потенциал района соответствует средним значениям по Республике Татарстан. Площадь земель сельскохозяйственного назначения – 107,8 тыс. га, что составляет 60% от территории района.

В структуре валовой продукции сельского хозяйства Агрызского района преобладают малые формы хозяйствования в АПК (до 45%). Наиболее крупными сельскохозяйственными организациями являются осуществляющие свою хозяйственную деятельность на территории района общества ограниченной ответственности холдинговой компании «Ак Барс». Данные организации занимают значительную часть земельных площадей района – около 80% всех земель сельскохозяйственного назначения (60% пашни), охватывая 21 населенный пункт.

Ключевые показатели эффективности сельскохозяйственного производства Агрызского района являются одними из самых низких в республике (табл. 1). С 2016 по 2020 г. поголовье крупного рогатого скота (КРС) снизилось на 18–20%. Снижение надоев молока за указанный период достигло 40%. Наибольший спад показателей пришелся на 2017–2018 гг. Рост показателей по отдельным категориям производителей КРС не смог преломить общий спад в главном мясо-молочном подкомплексе Агрызского района, где разведением крупного рогатого скота занимаются до 80% крестьянских (фермерских) хозяйств и 38% хозяйств населения.

Такой показатель, как валовое производство продукции сельского хозяйства в расчете на одного работника, занятого в отрасли, характеризует достигнутый уровень производительности труда и отражает влияние АПК на уровень доходов сельского населения. Добавленная стоимость на душу населения в районе в 6 раз ниже, чем в среднем по РТ. По показателю денежной выручки на 1 работника муниципальные районы различаются в 5,5 раза.

По привлечению инвестиций в основной капитал (без бюджетных источников) в расчете на 1 работника Агрызский муниципальный район находится в TOP-10 районных лидеров. Однако в структуре источников финансирования АПК ведущую роль занимают средства, выделяемые в рамках Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия. Согласно данным по ресурсному обеспечению Госпрограммы развития сельского хозяйства Республики Татарстан ежегодно с 2017 г. идет резкое сокращение объемов выделяемых средств из федерального и регионального бюджета и увеличение нагрузки на местный бюджет, что предполагает привлечение средств из внебюджетных источников [16, 22].

Производство молока считается одним из приоритетных направлений, в связи с чем предусмотрена ежегодная поддержка за счет средств государственных субсидий. При этом в 2019 и 2020 гг. субсидии на повышение продуктивности в молочном скотоводстве по РФ оставались на прежнем уровне, что с учетом инфляции превратилось фактически в сокращение поддержки. В 2017 г. произошло снижение объемов федерального финансирования в рамках основной меры текущей поддержки в растениеводстве – несвязанной поддержки (компенсация затрат на минеральные удобрения, средства защиты растений и др.) с 16,3 до 11,3 млрд руб. [24]. В 2019 г. большая часть средств федерального бюджета была перенаправлена на обеспечение льготных кредитов, предусматривающих перечисление компенсаций не сельхозпроизводителям, а кредитным организациям. Ситуация, сложившаяся в агропродовольственном комплексе, связанная с переориентацией господдержки, снижением покупательной способности населения, трансформацией продуктовых цепочек, характерна для всех субъектов РФ различного уровня. Однако основные производственные и финансовые показатели агропродовольственного комплекса Агрызского района демонстрируют устойчивую тенденцию к снижению на фоне остальных 42 районов республики.

Таблица 1. Отдельные показатели эффективности сельскохозяйственного производства муниципальных районов Республики Татарстан за 2020 г.

	Муниципальные районы	Валовая продукция сельского хозяйства на одного работающего в сельском хозяйстве, тыс. руб.	Денежная выручка сельхозтоваро-производителей на 1 работника, тыс. руб.	Количество голов КРС на 100 га с.-х. угодий	Валовой надой молока, ц на 100 га с.-х. угодий	Урожайность зерновых культур, ц/га
1	Тукаевский район	5 815	6 277	16	335	37,1
2	Мамадышский район	4773	4 234	27	524	36,7
3	Тетюшский район	4 434	3 362	12	225	43,8
4	Черемшанский район	4 008	3 898	5	77	28,2
5	Лаишевский район	3 975	5 114	8	175	30,5
6	Нижнекамский район	3 910	1 733	12	379	34,0
7	Чистопольский район	3 872	3 324	9	177	31,1
8	Зеленодольский район	3 811	4 529	26	382	32,3
9	Елабужский район	3 800	2 288	9	239	29,0
10	Муслюмовский район	3 749	3 824	4	128	32,6
11	Менделеевский район	3 587	2 720	14	225	26,7
12	Алькеевский район	3 468	4 863	29	533	31,4
13	Алексеевский район	3 328	3 192	18	294	35,8
14	Рыбно-Слободский район	3 278	2 364	14	167	30,9
15	Буинский район	3 176	3 125	19	273	38,7
16	Сармановский район	3 098	2 145	9	166	39,1
17	Ютазинский район	3 056	1 606	21	312	31,6
18	Азнакаевский район	3 020	2 266	17	390	34,2
19	Спасский район	2 973	1 711	4	68	35,6
20	Кукморский район	2 873	2 525	42	1 329	41,0
21	Лениногорский район	2 839	1 987	8	133	26,6
22	Мензелинский район	2 837	2 932	7	166	38,3
23	Атнинский район	2 805	2 429	57	1 901	38,1
24	Нурлатский район	2 788	2 987	15	377	41,3
25	Заинский район	2 765	2 568	9	255	46,1
26	Верхнеуслонский район	2 722	2 230	11	227	26,6
27	Бугульминский район	2 632	2 796	8	232	27,9
28	Пестречинский район	2 607	2 486	11	269	29,8
29	Бавлинский район	2 554	1 315	16	193	30,7
30	Арский район	2 534	1 799	24	466	37,1
31	Новошешминский район	2 478	1 214	15	248	26,7
32	Высокогорский район	2 477	1 777	13	330	29,2
33	Дрожжановский район	2 387	2 058	16	285	32,5
34	Актанышский район	2 248	1 910	31	649	38,4
35	Сабинский район	2 070	2 380	51	1366	33,8
36	Балтасинский район	1 935	1 684	51	1328	38,8
37	Аксубаевский район	1 845	2 870	10	281	30,0
38	Кайбицкий район	1 843	1 666	7	251	28,3
39	Тюлячинский район	1 834	1 601	21	436	28,5
40	Апастовский район	1 734	1 412	19	265	30,8
41	Альметьевский район	1 696	1 066	6	121	23,8
42	Камско-Устьинский район	1 527	2 295	4	104	28,6
43	Агрызский район	1 520	1 132	9	142	18,8

Источник: составлено по данным [3, 18].

Для получения представления об эффективности и особенностях развития районного АПК был проведен сравнительный анализ производственных и экономических показателей сельского хозяйства соседних, территориально прилегающих к Агрызскому району, муниципальных районов, схожих по природно-климатическому потенциалу. Это районы Республики Татарстан, входящие в Набережночелнинскую агломерацию (Менделеевский, Тукаевский, Мензелинский, Актанышский МР), и Республики Удмуртия (Малопургинский, Можгинский, Сарапульский район, Каракулинский, Алнашский, Киясовский МР). В силу разной специализации районов значения отдельных индикаторов, характеризующих эффективность производства, могут быть дифференцированы. Однако в целом Агрызский район, как и соседние районы, ориентирован на производство зерновых, мяса, молока, картофеля, поэтому сравнение можно проводить по таким показателям, как урожайность зерновых культур и картофеля, средний надой молока на 1 корову, численность голов КРС и среднемесячная номинальная заработная плата в сельском хозяйстве (табл. 2).

**Таблица 2. Производственно-экономические показатели муниципальных районов Республики Татарстан и Республики Удмуртия, территориально прилегающих к Агрызскому муниципальному району, за 2020 г.**

Муниципальные районы	Урожайность зерновых и зернобобовых культур, ц/га	Урожайность картофеля, ц/га	Средний надой молока на 1 корову, кг в год	Численность КРС, гол.	Среднемесячная номинальная заработная плата в сельском хозяйстве, руб.
<b>Агрызский район Республики Татарстан</b>	<b>18,8</b>	<b>273</b>	<b>4 161</b>	<b>7 597</b>	<b>18684,7</b>
Менделеевский район Республики Татарстан	26,7	167	5 000	5 188	21 190
Тукаевский район Республики Татарстан	37,1	276	6 351	16 050	40 465
Мензелинский район Республики Татарстан	38,3	258	9 672	5 657	27 583
Актанышский район Республики Татарстан	38,4	258	6 606	35 404	24 798
Малопургинский район Республики Удмуртия	18,5	152	6 668	15 407	15 407
Можгинский район Республики Удмуртия	25,9	183	7 301	-	31 500
Сарапульский район Республики Удмуртия	22,7	171	5 000	13 000	-
Каракулинский район Республики Удмуртия	19,5	170	7 378	5 478	20 316
Алнашский район Республики Удмуртия	22,1	180	-	19 975	20 196

Источник: составлено автором на основе данных [3].

Из таблицы 2 видно, что по урожайности зерновых и зернобобовых культур Агрызский район входит в число районов-аутсайдеров. Средняя урожайность зерновых в районе снизилась с 22 ц/га в 2017 г. до 18,8 ц/га в 2020 г. По масличным культурам и овощам снижение урожайности произошло в 2–3 раза. Денежная выручка на 1 га пашни (13,8 тыс. руб.) и среднемесячная номинальная заработная плата в сельском хозяйстве (18,6 тыс. руб.) в 2020 г. были одними из самых низких в группе анализируемых районов. Нагрузка на 1 комбайн превышала 900 га посевной площади, или почти в два раза больше, чем допустимая нагрузка на единицу сельскохозяйственной техники.

Низкие показатели ухода за посевами создают риски дальнейшего снижения урожайности основных выращиваемых в районе сельскохозяйственных культур. Территория Агрызского района характеризуется наиболее влажным и холодным климатом из всех районов Татарстана. Лето здесь непродолжительное, а весна дождливая. При относительно суровых для основной массы сельскохозяйственных культур природно-климатических условиях 31,1 кг д.в./га минеральных удобрений является достаточным объемом для получения показателей урожайности зерновых культур, близких к среднему по республике [19]. Однако эффективность удобрений зависит также и от состава почвы, жесткости воды и др., поэтому важны своевременная агрохимическая оценка пашни и оптимизация условий увлажнения и минерального питания.

Главная проблема, касающаяся внесения удобрений в почву, в настоящее время заключается в значительном росте цен. Кроме того, сельхозпроизводители района испытывают сложности с приобретением средств защиты растений в результате разрыва большинства экспортных цепочек. Госпрограммой развития сельского хозяйства Республики Татарстан для хозяйствующих субъектов АПК предусмотрена финансовая компенсация части затрат, связанных с приобретением минеральных удобрений. Однако объем выделяемых на это бюджетных субсидий не покрывает рост цен на соответствующую продукцию. Для обеспечения субъектов АПК достаточными объемами минеральных удобрений и средств защиты растений следует ввести дополнительные мощности химических производств, имеющих в регионе и в соседних субъектах. В целом в этом вопросе важен обмен опытом, поиск перспективных направлений развития связей между регионами. Необходимо внедрять различные модели межрегионального сотрудничества, основанные на взаимовыгодном товарооброде, системном развитии производственных связей и кооперации, сотрудничестве в социальной сфере, природопользовании и др. [4].

Из данных, представленных в таблице 2, видно, что в Агрызском районе показатели урожайности картофеля относительно высокие по сравнению с близлежащими районами Республики Татарстан. Причем показатели урожайности в сельскохозяйственных организациях и в хозяйствах населения разнятся незначительно, что подтверждает вывод о решающем значении при выращивании этой культуры исходных природно-климатических условий.

Основную долю в структуре производителей картофеля в Агрызском районе занимают хозяйства населения (до 89%), сохраняя стабильные объемы валового сбора. Сельскохозяйственные организации демонстрируют неустойчивую динамику. Валовой сбор картофеля в 2016–2019 гг. характеризовался планомерным ростом (с 3,6 до 10,9 тыс. т), который сопровождался повышением урожайности (с 86 ц/га до 252 ц/га). Затем валовой сбор снизился с 10,9 тыс. т в 2019 г. до 3,83 тыс. т в 2020 г. В 2020 г. посевные площади сельскохозяйственных организаций сократилась с 433 га до 150 га (табл. 3).

Картофель относится к культурам, которые сильно поражаются болезнями и вредителями, особенно при хранении в неудовлетворительных по температуре и влажности условиях. В сельскохозяйственных организациях, входящих в ХК «Ак Барс», с 2017 по 2019 г. были построены и модернизированы крупные картофелехранилища. Принимая во внимание тот факт, что на территории района введен в действие один из крупнейших в Российской Федерации железнодорожных узлов, при имеющихся производственных мощностях и природно-климатических преимуществах, благоприятном территориальном расположении инфраструктурных объектов в непосредственной близости к транспортной инфраструктуре, можно заключить, что Агрызский район обладает хорошим потенциалом для развития картофелепродуктового подкомплекса.

**ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**Таблица 3. Основные показатели сельскохозяйственного производства  
Агрызского района Республики Татарстан за 2007–2020 гг.**

Категории хозяйств	Годы													
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Животноводство</b>														
Индекс производства продукции животноводства (в сопоставимых ценах), % к предыдущему году														
Хозяйства всех категорий	114,0	110,2	116,0	99,3	103,6	100,5	72,8	90,0	99,7	98,1	99,1	100,7	95,1	98,8
С.-х. организации	107,4	109,5	121,7	111,5	101,6	100,2	72,5	125,2	98,9	93,4	99,1	93,9	89,0	71,3
Хозяйства населения	118,1	112,9	112,6	96,1	110,4	102,5	91,0	66,5	98,9	101	98,3	108,1	113,4	93,1
К(Ф)Х	100	125,6	286,6	107,4	96,4	63,2	117,6	103,8	108,4	103,6	125,3	92,5	99,7	98,7
Поголовье крупного рогатого скота, тыс. гол.														
Хозяйства всех категорий	–	23,9	15,3	15,2	14	23,0	20,6	20,8	20,9	21,0	16,9	14,5	13,2	–
С.-х. организации	–	15,7	15,3	15,2	14	15,2	14,5	14,5	14,5	14,3	14,3	9,1	7,3	6,1
Хозяйства населения	–	7,9	–	–	–	6,9	5,1	5,2	5,2	5,3	5,3	6,4	5,7	5,6
К(Ф)Х	–	0,2	–	–	–	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,3	1,5	1,4
Производство молока, тыс. т														
Хозяйства всех категорий	–	–	–	–	–	43,9	32,2	33,8	33,0	32,8	33,5	33,2	30,1	22,3
С.-х. организации	–	35,4	–	–	–	24,2	16,9	21,7	21,0	20,8	21,2	21,1	18,8	11,7
Хозяйства населения	–	–	–	–	–	18,8	14,1	11,0	10,6	10,6	10,2	10,3	9,9	9,2
К(Ф)Х	–	–	–	–	–	0,8	1,0	1,0	1,2	1,3	1,9	1,7	1,3	1,3
<b>Растениеводство</b>														
Индекс производства продукции растениеводства (в сопоставимых ценах), % к предыдущему году														
Хозяйства всех категорий	117,5	110,3	90,6	44,4	219,1	79,0	97,8	109,9	101,0	102,7	103,8	93,2	103,5	100,2
С.-х. организации	130,1	121,2	72,7	45,5	196,1	65,2	87,5	122,5	96,9	99,2	109,8	74,7	82,7	95,9
Хозяйства населения	104,1	92,2	109,1	43,0	212,2	102,2	102,7	101,1	113,2	106,6	96,3	104,7	109,8	101,2
К(Ф)Х	45,1	122,8	122,1	45,3	516,6	79,2	41,5	252,9	108,0	115,9	114,4	89,8	168,3	140,9
Посевные площади сельскохозяйственных культур в хозяйствах всех категорий, тыс. га														
Хозяйства всех категорий	56,9	56,7	58,0	57,6	57,5	56,9	54,3	52,9	62,5	63,4	58,4	58,0	58,0	49,5
С.-х. организации	52,6	52,5	53,0	52,2	50,9	50,5	48,2	46,5	56,1	56,1	50,7	50,7	49,1	38,5
Хозяйства населения	2,5	2,8	2,9	3,0	3,1	3,3	3,3	3,4	3,5	4,2	4,5	4,2	4,1	4,1
К(Ф)Х	1,8	1,4	2,0	2,2	3,4	3,1	2,7	2,9	2,9	3,1	3,1	2,9	4,8	6,6
Валовые сборы сельскохозяйственных культур, тыс. т														
Хозяйства всех категорий														
Картофель	41,8	45,1	48,3	18,2	43,7	39,5	39,5	36,4	39,8	34,4	39,2	38,8	44,2	37,1
Кукуруза на корм (силос, зеленый корм и сенаж)	60,5	91,7	63,3	23,3	82,7	51,4	61,9	54,1	50,4	38,1	55,7	32,6	51,4	30,9
Культуры кормовые на силос (без кукурузы)	38,0	3,6	25,4	19,1	71,9	64,1	36,4	71,4	81,5	83,5	36,6	52,5	39,8	5,3
Зерновые и зернобобовые культуры – всего	70,2	88,5	60,4	23,4	82,3	46,6	35,5	49,8	48,0	52,9	67,1	35,3	35,7	52,0
Сельскохозяйственные организации														
Картофель	3,8	6,6	7,4	5,3	11,4	7,6	–	6,6	6,2	3,6	–	10,4	10,6	–
Кукуруза на корм (силос, зеленый корм и сенаж)	60,5	91,7	63,3	23,3	82,5	51,9	61,9	54,1	49,7	37,5	55,1	32,1	50,4	29,6
Культуры кормовые на силос (без кукурузы)	38,0	3,6	25,4	19,1	71,9	64,1	36,4	71,4	81,5	83,5	36,6	52,5	39,3	5,3
Зерновые и зернобобовые культуры – всего	69,1	87,1	58,6	22,5	78,6	43,4	34,5	46,3	44,8	48,9	62,5	31,6	28,2	40,4
Хозяйства населения														
Картофель	38,0	38,5	40,8	12,9	32,2	31,8	30,8	29,5	33,2	30,5	31,1	28,0	32,8	33,0
Зерновые и зернобобовые культуры – всего	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,2	0,2	0,0	0,1	0,2
Крестьянские (фермерские) хозяйства														
Картофель	0	–	0	0	0	0,1	0,2	0,2	0,4	0,2	0,3	0,4	0,4	0,2
Зерновые и зернобобовые культуры – всего	1,1	1,4	1,7	0,9	3,6	3,2	9,8	3,4	3,2	3,8	4,4	3,6	7,4	11,4
Наличие сельскохозяйственной техники в сельскохозяйственных организациях на конец года, ед.														
Тракторы (без тракторов, на которых смонтированы землеройные, мелиоративные и др. машины)	–	312	283	290	262	229	–	235	234	232	181	181	145	141
Зерноуборочные комбайны	–	64	56	59	47	64	–	62	62	62	59	59	35	31
Кормоуборочные комбайны	–	19	21	21	21	18	–	18	16	17	11	11	8	7
Картофелеуборочные комбайны	–	2	2	4	4	4	–	4	4	4	–	–	–	–
Внесение минеральных удобрений, ц														
Внесено минеральных удобрений (в пересчете на 100% питательных веществ) под посевы с.-х. культур в с.-х. организациях	–	36 243	28 403	24 100	17 345	17 170	17 916	15 853	13 786	11 381	11 700	8 908	15 567	–

Источник: составлено автором на основе данных [3].

Практика показала, что главными факторами, сдерживающими развитие данной подотрасли, являются низкий уровень логистики и отсутствие анализа рынка сбыта, поэтому одним из инструментов развития может стать субсидирование железнодорожных перевозок отдельных видов сельскохозяйственной продукции, в том числе картофеля. Высокая доля импорта [28], низкие показатели урожайности и валового сбора картофеля в соседних с Агрызским районах и его выгодное транспортно-логистическое положение могут способствовать формированию экспортных цепочек в соседние регионы.

Особую роль в продуктовой цепочке имеют звенья хранения и реализации собранного урожая картофеля субъектами малых форм хозяйствования в АПК. Как мера поддержки сельских товаропроизводителей в Республике Татарстан работает система субсидирования предприятий и потребкооперации, занимающихся выращиванием и хранением картофеля.

Высокая доля малых форм хозяйствования в структуре производителей продукции растениеводства и рискованное земледелие актуализируют механизм субсидируемого страхования сельскохозяйственных рисков. С 2021 г. одним из условий получения несвязанной господдержки производителям продукции растениеводства стало наличие страхового полиса. Однако практика показала, что малые хозяйства заключают договоры страхования на минимальную сумму в целях получения бюджетных субсидий. В случае потери урожая от наступления неблагоприятных метеорологических явлений хозяйство терпит убытки. Как итог – сальдированный финансовый результат подотрасли отрицательный [7].

Региональные различия в проявлении климатических тенденций, эффективности зернового производства и структурных особенностей создают объективную основу для дифференцированных форм и методов страхования [12]. Учитывая региональные особенности, актуально развитие агрострахования с государственной поддержкой с преобладанием доли субсидий за счет средств регионального бюджета в оплате страхового взноса.

Относительно суровые природно-климатические условия, снижение размеров государственной поддержки, сокращение парка техники и рост себестоимости производства зерна делают растениеводство в районе малорентабельным. Государственная поддержка РТ и инвестиционные потоки в АПК района больше ориентированы на животноводство.

Увеличение объемов производства животноводческой продукции должно осуществляться за счет непрерывного воспроизводства маточного стада, оптимального сбалансированного кормления животных, соответствующего зооветеринарного обслуживания отрасли, повышения производительности труда, систематического проведения мероприятий по реконструкции и модернизации объектов.

Малые хозяйствующие субъекты, задействованные в подотрасли животноводства, активнее используют инструменты государственной поддержки для строительства, реконструкции и модернизации животноводческих объектов, приобретения техники. Несмотря на то, что субсидии на отдельные мероприятия для личных подсобных хозяйств до 2022 г. были недоступны [17], в Республике Татарстан для данной категории производителей были предусмотрены следующие субсидии: на содержание дойных коров, кобыл старше 3 лет; на приобретение племенного поголовья животных и птиц; на строительство мини-ферм молочного направления, при этом среди прочих одним из условий являлась степень готовности построенного помещения (на 50%) и длительность строительства (не более 2 лет). Кроме того, в Республике Татарстан была создана и успешно реализована программа «Семейные фермы Татарстана». В рамках программы на территории Агрызского района были созданы и действуют 22 семейные фермы,

еще 16 хозяйств получили субсидии на строительство и реконструкцию животноводческих помещений (более 8 млн руб.) и на возмещение затрат при покупке скота (более 2 млн руб.). В 2021 г. аналогом программы «Семейные животноводческие фермы» стал грант «Агропрогресс».

Строительство новых комплексов и увеличение производственных мощностей на мясо-молочных фермах предполагает наличие хорошей кормовой базы. Низкие показатели эффективности мясо-молочного подкомплекса района (средний надой молока на 1 корову 4 161 кг в год) напрямую зависят от несбалансированного состава корма и технологии кормления. В связи с этим целесообразно проведение научных исследований по совершенствованию кормовых смесей на местах.

В структуре затрат на производство молока корма занимают наибольший удельный вес (не менее 50%). С ростом цен на высокобелковые корма для крупного рогатого скота растет и себестоимость молока. Эффективным механизмом поддержки молочного животноводства может стать увеличение действующей ставки субсидии на производство молока либо введение субсидии по возмещению части затрат на приобретение кормовых добавок. Перспективным направлением видится развитие собственной научно-производственной базы в районе. Расширение местного производства комбикормов для животных будет способствовать созданию новых рабочих мест, поступлению налогов в бюджет, выстраиванию полной внутренней цепочки производства.

Перспективными направлениями являются стратегии вертикальной и горизонтальной интеграции малых форм хозяйствования агропродовольственного комплекса, развития малых форм хозяйствования на внутреннем рынке, в том числе в сегменте производства органической продукции. В 2018 г. был принят Федеральный закон «Об органической продукции ...», который вступил в силу с 1 января 2020 г. Республика Татарстан выступает одной из пилотных площадок. В регионе разработан механизм бюджетной поддержки в переходном этапе. Учитывая то, что в Агрызском районе экологическая обстановка характеризуется как благоприятная, производство органической продукции может стать одним из перспективных направлений АПК района, а предоставление в аренду на льготных условиях для самозанятых жителей и ИП по несколько га (для освоения) под ведение сельскохозяйственной деятельности, например под выращивание органической продукции, может стать одним из наиболее действенных инструментов стимулирования и поддержки.

Развитие кооперации также является важнейшим направлением поддержки в рамках Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия. В настоящее время действует Федеральный проект «Создание системы поддержки фермеров и развитие сельской кооперации» национального проекта «Малое и среднее предпринимательство и поддержка индивидуальной предпринимательской инициативы». Поддержка осуществляется путем выделения грантов «Агrostартап» на создание и развитие К(Ф)Х с возмещением до 70% затрат, связанных с осуществлением текущей деятельности, а также центрам компетенций в сфере сельскохозяйственной кооперации и поддержки фермеров.

В Стратегии социально-экономического развития Агрызского района до 2030 года указана цель: «Объединиться и создать крепкий агропромышленный кластер, который бы связал всех участников процесса – фермеров, производителей, переработчиков, обслуживающие и торговые предприятия». Во многом это подразумевает развитие на территории муниципального района института кооперации малых сельхозтоваропроизводителей (снабженческой, потребительской, возможно, экспортной, кредитной).

На территории района осуществляют свою деятельность сельскохозяйственные потребительские снабженческие кооперативы (СПСК), которые занимаются сбором молока от населения. Согласно официальным данным, на территории района действуют

три таких СПСК. Ведет свою деятельность заготовительная контора Агрызского Районного Потребительского Общества по сбору излишков сельскохозяйственной продукции у населения района. Через торговые сети магазинов РайПО организован выкуп различной сельхозпродукции (лекарственные травы, шерсть и др.), а также вторичного сырья (макулатуры). Тем не менее значительную долю произведенной мясо-молочной продукции хозяйства населения потребляют сами или реализуют на местных рынках. Крестьянские (фермерские) хозяйства реализуют сельхозпродукцию в г. Агрыз и крупных административных центрах – городах Казань, Набережные Челны. В районе сохраняется высокая доля посреднических структур в продуктовой цепочке, о чем свидетельствуют низкие закупочные цены на сельскохозяйственную продукцию при росте цен на продукты питания.

В ходе разработки Стратегии социально-экономического развития Агрызского муниципального района Республики Татарстан до 2030 г. органами местного самоуправления был проведен опрос среди крестьянских (фермерских) хозяйств и хозяйств населения с целью выявления негативных факторов, препятствующих эффективному сельскохозяйственному производству. По результатам опроса определены следующие «основные проблемы, сдерживающие развитие субъектов малого предпринимательства, а именно:

- дефицит квалифицированных кадров для малого и среднего предпринимательства;
- неудовлетворительный уровень знаний и информированности для начала и ведения предпринимательской деятельности;
- недостаток и низкая доступность производственной (материальной) инфраструктуры;
- низкая доступность финансовых ресурсов» [23].

Среди негативных факторов указаны также:

- нехватка собственных финансовых средств субъектов малого и среднего предпринимательства, трудности в привлечении финансовых ресурсов на развитие бизнеса, особенно на стадии его становления;
- высокая степень износа основных фондов и низкий уровень модернизации производств;
- административные барьеры, сложность системы согласований при осуществлении предпринимательской деятельности;
- отсутствие навыков ведения бизнеса, опыта управления, юридических и экономических знаний;
- недостаточное количество субъектов малого и среднего предпринимательства, способных конкурировать на межрегиональных и международных рынках;
- трудности по осуществлению деятельности в связи с избытком требований лицензирования, сертификации, процедуры выделения земельных участков, получению согласований и разрешений.

Развитая сеть районных информационно-консультационных служб АПК, организованная при Министерстве сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан, прямо или косвенно может способствовать решению большинства из перечисленных ограничений и обеспечить обратную связь – сбор актуальной информации о сельхозтоваропроизводителях района [9].

По нашему мнению, целесообразным является создание районной информационно-консультационной службы АПК с субсидируемым набором консультационных услуг, относящихся к категории платных, которые будут актуальны именно для данного района (составление бизнес-планов, проведение агрохимических обследований, закладка опытных полей для выращивания адаптированных сельскохозяйственных культур и др.).



Работа такой службы должна быть построена на эффективном взаимодействии с Министерством сельского хозяйства и продовольствия РТ, консультативным Советом по предпринимательству Агрызского муниципального района Республики Татарстан по вопросам развития и поддержки малого и среднего предпринимательства, аграрными вузами и др.

Следует отметить, что субсидирование базового набора консультационных услуг заложено в Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, но каждый год бюджетные средства перенаправляются на более востребованные направления, такие как кредитование и агролизинг.

Одной из приоритетных задач, стоящих перед руководителями и специалистами органов местного самоуправления в целом и Агрызского района в частности, является сохранение демографического потенциала сельских территорий.

Более половины населения Агрызского района относятся к группе трудоспособных граждан (52,6% в 2020 г.), причем в структуре доходов заработная плата является их основным источником. Среднемесячная заработная плата работников, занятых на предприятиях и организациях, не относящихся к малому и среднему предпринимательству, по виду экономической деятельности «Сельское хозяйство» самая низкая по Республике Татарстан. Среднемесячная номинальная заработная плата в сельском хозяйстве района в 2020 г. составила 18684,7 руб., в то время как по республике – 28341,7 руб. Стоит отметить низкий уровень такого показателя, как добавленная стоимость на душу населения. В 2020 г. он составил всего 35,8 тыс. руб. при среднем значении по РТ 227,2 тыс. руб.

Низкий уровень заработной платы является одним из главных факторов, препятствующих миграционному притоку населения в район. Анализ динамики численности населения и его возрастной структуры показал, что численность населения по всем сельским поселениям Агрызского района ежегодно снижается. Только в трех населенных пунктах сохраняется численность с небольшим приростом – Кичкетанское, Исенбаевское, Иж-Бобьинское. Два из трех находятся в зоне обслуживания железнодорожных веток Казань – Ижевск и Казань – Набережные Челны. Значительная доля инвестиций приходится на крупные административные центры и прилегающие к ним районы. При этом около 6% населения проживает в населенных пунктах, не имеющих регулярного автобусного и (или) железнодорожного сообщения с административным центром городского округа, вследствие чего происходит ограничение возможностей и перспектив развития большинства периферийных территорий, снижение уровня жизни их населения и его миграционный отток.

Снижение рождаемости, естественная убыль населения и незначительное saldo миграционных потоков актуализируют вопрос о привлечении человеческих ресурсов, закреплении молодежи на местах, создании новых рабочих мест с зарплатой не ниже средней по республике. Механизмами восполнения трудовых ресурсов и методом повышения демографического благополучия муниципального образования могут стать мероприятия и консолидированные управленческие решения социальной направленности, осуществляемые органами исполнительной государственной власти и местного самоуправления. Для закрепления кадров рабочих профессий и специалистов в сельскохозяйственных организациях результативным видится увеличение объема финансирования региональных программ, таких как «Земский учитель» и «Сельская ипотека». В Агрызском районе ежегодно отмечается рост жилищного строительства. Существует объективная возможность выделить ряд объектов для временного проживания специалистов. Позитивным является опыт районов Республики Удмуртия, где для субъектов малого и среднего предпринимательства, которые изменяют место регистрации и место

жительства с территориями других субъектов Российской Федерации на территорию района, установлены пониженные налоговые ставки по упрощенной системе налогообложения (УСН) для предпринимателей на период 3–5 лет.

### **Выводы**

Пространственное развитие национального агропродовольственного комплекса является одной из главных задач в рамках реализации стратегии импортозамещения и внутреннего самообеспечения. Проведенное исследование показало, что при достаточно высоком уровне развития АПК Республики Татарстан, его внутренняя территориально-производственная структура характеризуется значительной неоднородностью.

При стратегическом планировании развития регионального агропродовольственного комплекса следует учитывать потенциал Агрызского района. Оценка преимуществ транспортно-логистического положения территории, природно-климатического и ресурсного потенциала позволяет говорить о наличии в Агрызском районе хороших исходных условий для развития регионального АПК. Однако имеющиеся преимущества используются недостаточно эффективно.

Основные параметры аграрного производства остаются существенно ниже, чем в среднем по Республике Татарстан и в соседних районах Республики Удмуртия. В Агрызском районе сохраняется отрицательная динамика основных показателей сельскохозяйственного производства, в частности урожайности сельскохозяйственных культур, численности поголовья КРС, среднего надоя молока и др., сокращается количество основных видов сельскохозяйственной техники, продолжается отток квалифицированной рабочей силы, недоиспользованными остаются производственные мощности организаций АПК, осуществляющих свою деятельность на территории района.

Импортозамещение в агропродовольственном комплексе во многом определяется реализацией потенциальных возможностей наращивания объемов производства молока и мяса крупного рогатого скота. Вместе с тем в ходе исследования установлено сокращение поголовья КРС преимущественно в сельскохозяйственных организациях, осуществляющих свою деятельность на территории района, и снижение среднего надоя молока на 1 корову. Отрицательная динамика показателей мясного подкомплекса во многом обусловлена технологическими причинами, в первую очередь применением несбалансированных по составу кормов и нарушением технологий кормления. Решение видится в расширении местного производства комбикормов для животных, что будет способствовать созданию новых рабочих мест, поступлению доходов в местный бюджет, выстраиванию полной внутренней цепочки производства.

В агропродовольственном комплексе Республики Татарстан доминируют крупные сельскохозяйственные производители. Такой масштаб производства и финансовые преимущества способствуют обеспечению функционально-технологической целостности производственной цепочки, включающей в себя производство, хранение, переработку и реализацию продукции. Однако важнейшей особенностью Агрызского района является то, что в структуре валовой продукции сельского хозяйства района доля малых форм хозяйствования составляет 45%. Индексы производства продукции растениеводства и животноводства в малых формах хозяйствования остаются выше, чем в сельскохозяйственных организациях. Крестьянские (фермерские) хозяйства и хозяйства населения вносят значительный вклад в обеспечение населения района основными видами сельскохозяйственной продукции, удовлетворяя локальный спрос и потребности в специализированных видах товаров и услуг.

Одной из наиболее востребованных культур является картофель. В ходе исследования были отмечены одинаково высокие показатели урожайности картофеля в сельскохозяйственных организациях и хозяйствах населения, что обусловлено благоприятными природно-климатическими условиями для выращивания данной культуры. Зна-

чительная доля импорта и востребованность картофеля на внутреннем продовольственном рынке делают картофелеводство конкурентоспособной подотраслью районного АПК. Перспективным для малого предпринимательства может стать выращивание органической продукции и производство экологически безопасных пищевых продуктов более высокого качества.

Высокая доля малых форм хозяйствования в структуре производителей растениеводческой продукции в районе и рискованный характер земледелия обуславливают необходимость применения такого инструмента стабилизации финансовой устойчивости агропроизводителей, как страхование сельскохозяйственных рисков с государственной поддержкой. Учитывая региональные особенности, целесообразна разработка и реализация программ субсидируемого агрострахования с преобладанием доли субсидий за счет средств регионального бюджета в оплате страхового взноса.

Разработка дифференцированных стратегий развития малых форм хозяйствования в АПК района на основе комплексного подхода включает формирование производственно-сбытовых цепочек и развитие кооперации. Заинтересованность органов власти Республики Татарстан в развитии малого предпринимательства и кооперации в АПК прослеживается в региональной системе государственной поддержки и определяющей ее нормативно-правовой базе. Реализация мер государственной поддержки в сельском хозяйстве в целом дала положительный эффект. Хозяйствующие субъекты, осуществляющие свою деятельность в подотрасли животноводства, наиболее охотно используют механизмы субсидирования и получения грантов для строительства, реконструкции или модернизации животноводческих объектов, приобретения сельскохозяйственных животных и птицы и др.

Полученные в ходе анализа количественные и качественные оценки основных параметров сельскохозяйственного производства предполагается использовать при разработке и реализации перспективных направлений дальнейшего развития данной территории.

Выработанные практические рекомендации позволят повысить эффективность принимаемых управленческих решений, качество муниципальных нормативных и законодательных актов в сфере регулирования агропродовольственного комплекса, издаваемых руководителями и специалистами органов местного самоуправления с целью обоснования потребностей и объемов государственной поддержки субъектов хозяйствования АПК при формировании сбалансированных стратегий устойчивого развития сельских территорий.

---

#### **Список источников**

1. Анфиногентова А.А. Системный подход к непрерывному совершенствованию управления агропродовольственным комплексом России // Региональные агросистемы: экономика и социология. 2018. № 1. С. 1–8.
2. Баженов Ю.Н., Подшувейт О.В. Проблемы и возможности развития внешнеэкономической деятельности Санкт-Петербурга, Ленинградской области и Республики Карелия // Международные отношения. 2012. № 1. С. 70–80.
3. База данных муниципальных образований [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики (Росстат). URL: <https://rosstat.gov.ru/storag/mediabank/must.htm> (дата обращения: 18.10.2022).
4. Бурак П.И., Ростанец В.Г., Топилин А.В. Инфраструктура межрегионального экономического сотрудничества и императивы инновационного развития. Москва: Экономика, 2009. 366 с.
5. Дворядкина Е.Б., Белоусова Е.А. Тенденции развития муниципальных районов в национальном экономическом пространстве // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2020. Т. 13, № 1. С. 87–105. DOI: 10.15838/esc.2020.1.67.5.
6. Ильинская Е.В. Развитие системы местного самоуправления сельских территорий в новых экономических условиях // Региональные агросистемы: экономика и социология. 2017. № 3. С. 19–24.

7. Кадомцева М.Е., Коростелев В.Г. Региональная дифференциация развития субсидируемого страхования сельскохозяйственных рисков в подотрасли растениеводства // Проблемы развития территории. 2020. № 4(108). С. 55–67. DOI: 10.15838/ptd.2020.4.108.4.
8. Казанская А.Н., Мясоедова Т.Н., Гаджиева В.А. Оценка социально-эколого-экономического состояния территорий как инструмент устойчивого развития муниципальных образований // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». 2015. Вып. 1(59). С. 216–224.
9. Коростелев В.Г., Кадомцева М.Е. Проблема развития информационной составляющей инновационных процессов в агропромышленном комплексе // Информационная безопасность регионов. 2014. № 1(14). С. 16–20.
10. Крылатых Э.Н. К вопросу о структуре агропромышленного комплекса и системе моделей его планирования // Экономика и математические методы. 1979. Т. 15, № 3. С. 529–538.
11. Ларионова Н.А. Методика оценки межрегионального сотрудничества субъекта федерации // Регион: экономика и социология. 2016. № 3(91). С. 178–194.
12. Мау В.А., Абрамов А.Е., Авраамова Е.М. и др. Российская экономика в 2017 году. Тенденции и перспективы. Москва: Изд-во Института Гайдара, 2018. 572 с.
13. Никонов А.А. Спираль многовековой драмы: аграрная наука и политика России (XVIII–XX вв.). Москва: Энциклопедия российских деревень. 1995. 355 с.
14. Никулина Ю.Н., Юрченко Т.В., Суровцев В.Н. Зависимость численности сельского населения от уровня развития сельского хозяйства: анализ панельных данных Ленинградской области // Народонаселение. 2021. Т. 24, № 1. С. 90–102. DOI: 10.19181/population.2021.24.1.9.
15. Об утверждении Государственной программы «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья, и продовольствия в Республике Татарстан на 2013–2025 годы»: Постановление Кабинета Министров Республики Татарстан от 8 апреля 2013 г. № 235 [Электронный ресурс]. URL: [https://pravo.tatarstan.ru/rus/file/npa/2020-04/566077/npa\\_566078.pdf](https://pravo.tatarstan.ru/rus/file/npa/2020-04/566077/npa_566078.pdf) (дата обращения: 29.04.2022).
16. Об утверждении Основ государственной политики регионального развития Российской Федерации на период до 2025 года: Указ Президента Российской Федерации от 16 января 2017 г. № 13 [Электронный ресурс]. URL: <http://static.kremlin.ru/media/acts/files/0001201701160039.pdf> (дата обращения: 12.10.2022).
17. О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросу реализации Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия: Постановление Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2021 г. № 2451 [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202112310067> (дата обращения: 19.10.2022).
18. Официальный портал «Открытый Татарстан». Основные экономические показатели сельхозтоваропроизводителей РТ [Электронный ресурс]. URL: <https://open.tatarstan.ru/reports/categories/10172189/reports/28347> (дата обращения: 24.10.2022).
19. Павлова В.Н., Богданович А.Ю., Семенов С.М. Об оценке степени благоприятности климата для культивирования зерновых, исходя из частоты сильных засух // Метеорология и гидрология. 2020. № 12. С. 95–101.
20. Паспорт Агрызского муниципального района [Электронный ресурс] // Официальный Татарстан. URL: [https://agryz.tatarstan.ru/file/pub/pub\\_3667181.pdf](https://agryz.tatarstan.ru/file/pub/pub_3667181.pdf) (дата обращения: 21.10.2022).
21. Патракова С.С. Оценка внутререгиональной асимметрии сельскохозяйственного производства Вологодской области // Проблемы развития территории. 2020. Т. 26, № 1. С. 27–42. DOI: 10.15838/ptd.2022.1.117.3.
22. Реймер В.В., Улезько А.В. Концептуальные и методологические подходы к формированию инновационной системы агропродовольственного комплекса // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2015. № 4(47). С. 196–207.
23. Стратегия социально-экономического развития Агрызского муниципального района Республики Татарстан на 2016–2021 годы и на плановый период до 2030 года (с изменениями от 22.10.2019) // Официальный Татарстан [Электронный ресурс]. URL: [https://agryz.tatarstan.ru/strategiya-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-1319817.htm?pub\\_id=2078869](https://agryz.tatarstan.ru/strategiya-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-1319817.htm?pub_id=2078869) (дата обращения: 21.10.2022).
24. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Татарстан [Электронный ресурс]. URL: <https://stat.tatarstan.ru/> (дата обращения: 31.03.2022).
25. Федоренко И.Н., Кузнецова Э.С. Сельское хозяйство и социально-экономическое развитие муниципального района с учетом человеческого капитала // Островские чтения. 2019. № 1. С. 366–369.
26. Хисамутдинов И.А. Социо-эколого-экономическая оценка региона в контексте перехода к устойчивому развитию // Региональная экономика: теория и практика. 2013. № 4(283). С. 9–15.
27. Шеховцева Л.С. Многомерная структуризация институционального обеспечения пространственного развития региона: принципы и методология // Регион: экономика и социология. 2018. № 1(97). С. 32–51. DOI: 10.15372/REG20180102.
28. Экспорт и импорт отдельных продовольственных товаров [Электронный ресурс] // Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС). Росстат. URL: [https://www.gks.ru/bgd/free/b04\\_03/IssWWW.exe/Stg/d02/227.htm](https://www.gks.ru/bgd/free/b04_03/IssWWW.exe/Stg/d02/227.htm) (дата обращения: 10.10.2022).

References

1. Anfinogentova A.A. Sistemnyj podkhod k nepreryvnomu sovershenstvovaniyu upravleniya agroproduktov'noy kompleksom Rossii [System approach to continuous improvement of management of the Russian agri-food complex]. *Regional'nye agrosistemy: ekonomika i sotsiologiya = Regional agrosystems: economics and sociology*. 2018;1:1-8. (In Russ.).
2. Bazhenov Yu.N., Podshuveit O.V. Problemy i vozmozhnosti razvitiya vneshneekonomicheskoy deyatel'nosti Sankt-Peterburga, Leningradskoj oblasti i Respubliki Kareliya [Problems and opportunities for the development of foreign economic activity of St. Petersburg, the Leningrad Region and the Republic of Karelia]. *Mezhdunarodnye otnosheniya = International Relations*. 2012;1:70-80. (In Russ.).
3. Baza dannykh munitsipal'nykh obrazovanij. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki (Rosstat) [Database of municipalities. Federal State Statistics Service (Rosstat)]. URL: <https://rosstat.gov.ru/storag/media-bank/must.htm>. (In Russ.).
4. Burak P.I., Rostanets V.G., Topilin A.V. Infrastruktura mezhtselevoj ekonomicheskogo sotrudnichestva i imperativy innovatsionnogo razvitiya [Infrastructure of interregional economic cooperation and imperatives of innovative development]. Moscow: Ekonomika Press; 2009. 366 p. (In Russ.).
5. Dvoryadkina E.B., Belousova E.A. Tendentsii razvitiya munitsipal'nykh rajonov v natsional'nom ekonomicheskom prostranstve [Trends of the development of municipal regions in the national economic space]. *Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz = Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*. 2020;13(1):87-105. DOI: 10.15838/esc.2020.1.67.5. (In Russ.).
6. Ilyinskaya E.V. Razvitie sistemy mestnogo samoupravleniya sel'skikh territorij v novykh ekonomicheskikh usloviyakh [Development of the local self-government system in rural areas in the new economic conditions]. *Regional'nye agrosistemy: ekonomika i sotsiologiya = Regional agrosystems: economics and sociology*. 2017;3:19-24. (In Russ.).
7. Kadomtseva M.E., Korostelev V.G. Regional'naya differentsiatsiya razvitiya subsidiruемого strakhovaniya sel'skokhozyajstvennykh riskov v podotrasli rastenievodstva [Regional differentiation of development of subsidized insurance of agricultural risks in the crop production sub-industry]. *Problemy razvitiya territorii = Problems of Territory's Development*. 2020;4(108):55-67. DOI: 10.15838/ptd.2020.4.108.4. (In Russ.).
8. Kazanskaya A.N., Myasoedova T.N., Gadzieva V.A. Otsenka sotsial'no-ekologo-ekonomicheskogo sostoyaniya territorij kak instrument ustojchivogo razvitiya munitsipal'nykh obrazovanij [Socio ecological economic assessment of condition of territories as a tool for sustainable development of municipal formations]. *Internet-zhurnal "Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti" = Internet Journal "Technologies of technosphere safety"*. 2015;1(59):216-224. (In Russ.).
9. Korostelev V.G., Kadomtseva M.E. Problema razvitiya informatsionnoj sostavlyayushchej innovatsionnykh protsessov v agropromyshlennom komplekse [The problem of information component development in innovation processes in Agro-Industrial Complex]. *Informatsionnaya bezopasnost' regionov = Information security of regions*. 2014;1:16-20. (In Russ.).
10. Krylatykh E.N. K voprosu o strukture agropromyshlennogo kompleksa i sisteme modelej ego planirovaniya [On the question of the structure of the Agro-Industrial Complex and the system of models for its planning]. *Ekonomika i matematicheskie metody = Economics and Mathematical Methods*. 1979;15(3):529-538. (In Russ.).
11. Larionova N.A. Metodika otsenki mezhtselevoj ekonomicheskogo sotrudnichestva sub'ekta federatsii [Methodology for assessing interregional cooperation of a subject of the federation]. *Region: ekonomika i sotsiologiya = Region: Economics and Sociology*. 2016;3(91):178-194. (In Russ.).
12. Mau V.A., Abramov A.E., Avraamova E.M. et al. Rossijskaya ekonomika v 2017 godu. Tendentsii i perspektivy [Russian economy in 2017. Trends and outlooks]. Moscow: Gaidar Institute for Economic Policy Press; 2018. 572 p. (In Russ.).
13. Nikonov A.A. Spiral' mnogovekovoj dramy: agrarnaya nauka i politika Rossii (XVIII-XX vv.) [The spiral of millenium drama: the agricultural science and politics in Russia (XVIII-XX centuries)]. Moscow: Encyclopedia of Russian villages; 1995. 355 p. (In Russ.).
14. Nikulina Yu.N., Yurchenko T.V., Surovtsev V.N. Zavisimost' chislennosti sel'skogo naseleniya ot urovnya razvitiya sel'skogo khozyajstva: analiz panel'nykh dannykh Leningradskoj oblasti [Rural population dependence on the level of agricultural development: panel data analysis of Leningrad Oblast]. *Narodonaselenie = Population*. 2021;24(1):90-102. DOI: 10.19181/population.2021.24.1.9. (In Russ.).
15. Ob utverzhdenii Gosudarstvennoj programmy "Razvitie sel'skogo khozyajstva i regulirovanie rynkov sel'skokhozyajstvennoj produkcii, syr'ya, i proizvodstva v Respublike Tatarstan na 2013-2025 gody": Postanovlenie Kabineta Ministrov Respubliki Tatarstan ot 8 aprelya 2013 g. № 235 [Concerning Approval of the State Program "Development of Agriculture and Regulation of the Markets of Agricultural Products, Raw Materials and Foodstuffs in the Republic of Tatarstan for 2013-2025": Order of the Cabinet of Ministers of the Republic of Tatarstan of April 8, 2013 No. 235]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/463302324/titles/3KGT2F6>. (In Russ.).
16. Ob utverzhdenii Osnov gosudarstvennoj politiki regional'nogo razvitiya Rossijskoj Federatsii na period do 2025 goda: Ukaz Prezidenta Rossijskoj Federatsii ot 16 yanvarya 2017 g. № 13 [On Approval of the Fundamentals of the State Policy of Regional Development of the Russian Federation for the period up to 2025: Decree of the President of the Russian Federation of January 16, 2017 No. 13]. URL: <http://static.kremlin.ru/media/acts/files/0001201701160039.pdf>. (In Russ.).

17. O vnesenii izmenenij v nekotorye akty Pravitel'stva Rossijskoj Federatsii po voprosu realizatsii Gosudarstvennoj programmy razvitiya sel'skogo khozyajstva i regulirovaniya rynkov sel'skokozyajstvennoj produkcii, syr'ya i prodovol'stviya: Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federatsii ot 24 dekabrya 2021 g. № 2451 [On Amendments to Certain Acts of the Government of the Russian Federation on the Implementation of the State Program for the Development of Agriculture and Regulation of Agricultural Products, Raw Materials and Food Markets: Decree of the Government of the Russian Federation of December 24, 2021 No. 2451]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202112310067>. (In Russ.).

18. Ofitsial'nyj portal "Otkrytyj Tatarstan". Osnovnye ekonomicheskie pokazateli sel'khozovoproizvoditelej Respubliki Tatarstan [Official portal "Open Tatarstan". Key economic indicators of agricultural producers of the Republic of Tatarstan]. URL: <https://open.tatarstan.ru/reports/categories/10172189/reports/28347>. (In Russ.).

19. Pavlova V.N., Bogdanovich A.Yu., Semenov S.M. Ob otsenke stepeni blagopriyatnosti klimata dlya kul'tivirovaniya zernovykh, iskhodya iz chastoty sil'nykh zasukh [Assessment of climate favorability for the grain cultivation based on the frequency of severe droughts]. *Meteorologiya i gidrologiya = Meteorology and Hydrology*. 2020;12:95-101. (In Russ.).

20. Pasport Agryzskogo munitsipal'nogo rajona. Ofitsial'nyj Tatarstan [Passport of Agryz Municipal District. Official Tatarstan]. URL: [https://pravo.tatarstan.ru/rus/file/npa/2020-04/566077/npa\\_566078.pdf](https://pravo.tatarstan.ru/rus/file/npa/2020-04/566077/npa_566078.pdf). (In Russ.).

21. Patrakova S.S. Otsenka vnutriregional'noj asimmetrii sel'skokhozyajstvennogo proizvodstva Vologodskoj oblasti [Assessing intraregional asymmetry of agricultural production in the Vologda Oblast]. *Problemy razvitiya territorii = Problems of Territory's Development*. 2020;26(1):27-42. DOI: 10.15838/ptd.2022.1.117.3. (In Russ.).

22. Reimer V.V., Ulez'ko A.V. Kontseptual'nye i metodologicheskie podkhody k formirovaniyu innovatsionnoj sistemy agroprodovol'stvennogo kompleksa [Conceptual and methodological approaches to the formation of innovation system of the Agro-Industrial Complex]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2015;4(47):196-207. (In Russ.).

23. Strategiya sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Agryzskogo munitsipal'nogo rajona Respubliki Tatarstan na 2016-2021 gody i na planovyj period do 2030 goda (s izmeneniyami ot 22.10.2019). Ofitsial'nyj Tatarstan [Strategy for the socio-economic development of Agryz Municipal District of the Republic of Tatarstan for 2016-2021 and for the planning period until 2030 (as amended on October 22, 2019). Official Tatarstan]. URL: [https://agryz.tatarstan.ru/strategiya-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-1319817.htm?pub\\_id=2078869](https://agryz.tatarstan.ru/strategiya-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-1319817.htm?pub_id=2078869). (In Russ.).

24. Territorial'nyj organ Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Respublike Tatarstan [Territorial body of the Federal State Statistics Service for the Republic of Tatarstan]. URL: <https://stat.tatarstan.ru/>. (In Russ.).

25. Fedorenko I.N., Kuznetsova E.S. Sel'skoe khozyajstvo i sotsial'no-ekonomicheskoe razvitie munitsipal'nogo rajona s uchetom chelovecheskogo kapitala [Agriculture and socio-economic development of the municipal district, taking into account human capital]. *Ostrovskie chteniya = Ostrovski Readings*. 2019;1:366-369. (In Russ.).

26. Khisamutdinov I.A. Socio-ekologo-ekonomicheskaya otsenka regiona v kontekste perekhoda k ustojchivomu razvitiyu [Socio-ecological and economic assessment of the region in the context of the transition to sustainable development]. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika = Regional economy: theory and practice*. 2013;4(283):9-15. (In Russ.).

27. Shekhovtseva L.S. Mnogomernaya strukturizatsiya institutsional'nogo obespecheniya prostranstvennogo razvitiya regiona: printsipy i metodologiya [Multidimensional structuring of institutional maintenance of region's spatial development: principles and methodology]. *Region: ekonomika i sotsiologiya = Region: Economics and Sociology*. 2018;1(97):32-51. DOI: 10.15372/REG20180102. (In Russ.).

28. Eksport i import otdel'nykh prodovol'stvennykh tovarov. Edinaya mezhvedomstvennaya informatsionno-statisticheskaya sistema (EMISS). Rosstat [Export and import of certain food products. Unified Interdepartmental Statistical Information System]. URL: [https://www.gks.ru/bgd/free/b04\\_03/lssWWW.exe/Stg/d02/227.htm](https://www.gks.ru/bgd/free/b04_03/lssWWW.exe/Stg/d02/227.htm). (In Russ.).

#### Информация об авторе

М.Е. Кадомцева – кандидат экономических наук, старший научный сотрудник Института аграрных проблем – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Саратовский научный центр Российской академии наук», [kozyreva\\_marina\\_@mail.ru](mailto:kozyreva_marina_@mail.ru).

#### Information about the author

M.E. Kadomtseva, Candidate of Economic Sciences, Senior Research Scientist, Institute of Agrarian Problems – Subdivision of the Federal State Budgetary Research Institution Saratov Federal Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, [kozyreva\\_marina\\_@mail.ru](mailto:kozyreva_marina_@mail.ru).

Статья поступила в редакцию 10.05.2023; одобрена после рецензирования 14.06.2023; принята к публикации 20.06.2023.

The article was submitted 10.05.2023; approved after reviewing 14.06.2023; accepted for publication 20.06.2023.

© Кадомцева М.Е., 2023

5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА  
(ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 338.439.222:517.956.224 (470.32)

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2023\_2\_195

EDN: TMPUJV

**Роль человеческого капитала в реализации  
потенциала сельского хозяйства ЦЧР**

**Евгений Валентинович Авдеев<sup>1✉</sup>, Алена Леонидовна Маркова<sup>2</sup>**

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

<sup>1</sup>avdeev1707@mail.ru✉

**Аннотация.** Представлены результаты анализа сельскохозяйственного производства в хозяйствах всех категорий в регионах ЦЧР, характеризующегося устойчивым развитием при опережающем росте объемов производства отрасли растениеводства. Отмечается стабильный рост показателей подотраслей животноводства, обусловленный значительными масштабами поддержки со стороны государства, выраженной в принятии ряда государственных и региональных программ. Делается вывод о том, что в аграрной сфере областей, входящих в состав ЦЧР, происходят достаточно сложные и неоднозначные процессы. С одной стороны, наблюдаются определенные позитивные результаты по ряду направлений деятельности предприятий и организаций сельскохозяйственной отрасли (увеличение посевных площадей, рост объемов производства и уровня доходности организаций), а с другой стороны, накапливаются проблемы, обострившиеся в условиях затянувшегося кризиса (повышение степени износа основных фондов, снижение численности поголовья КРС, низкие объемы производства сельскохозяйственной продукции в хозяйствах населения). Все это свидетельствует о том, что сложилась принципиально новая социально-экономическая ситуация, которая уже не отвечает требованиям современной аграрной политики и не укладывается в ее рамки. В данных условиях одним из основных источников преодоления кризисных явлений должен выступать человеческий капитал аграрной сферы. Однако сложившийся уровень его развития пока не позволяет говорить о том, что в среднесрочной и тем более долгосрочной перспективах человеческий капитал может стать основным инструментом реализации потенциала аграрной сферы Российской Федерации, которым он, по сути, должен являться. Все это в конечном итоге предопределяет необходимость разработки и принятия направлений стратегического развития человеческого капитала аграрной сферы, в которой были бы учтены особенности его формирования и использования.

**Ключевые слова:** человеческий капитал, сельское хозяйство, области ЦЧР, основные виды сельскохозяйственной продукции, численность занятых в сельском хозяйстве, аграрная политика

**Для цитирования:** Авдеев Е.В., Маркова А.Л. Роль человеческого капитала в реализации потенциала сельского хозяйства ЦЧР // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 2(77). С. 195–206. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_195-206](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_195-206).

5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS  
(ECONOMIC SCIENCES)

Original article

**Human capital and its role at realization of agricultural  
potential of the Central Chernozem Region**

**Evgeniy V. Avdeev<sup>1✉</sup>, Alena L. Markova<sup>2</sup>**

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

<sup>1</sup>avdeev1707@mail.ru✉

**Abstract.** The authors presented the findings of the analysis of agricultural production in farms of all categories in the oblasts forming part of the Central Chernozem Region, characterized by sustainable development, with the outstripping growth of production volumes of the crop industry, having noted the stable growth of indicators of sub-sectors of animal husbandry, due to significant state support, resulting in the adoption of a number of state and regional programs; concluded that rather complicated and ambiguous processes are taking place in the agrarian sphere of the oblasts of the CChR. On the one hand, there are certain positive results in a number of areas of activity of enterprises and organizations in the agricultural sector (an increase in cultivated land, an increase in production volumes and the level of profitability of organizations), and on the other hand, problems are accumulating, becoming more acute due to the prolonged crisis (an increase in the degree of depreciation of fixed

assets, a decrease in stock number, low agricultural production in the households of the population). All this indicates that a fundamentally new socioeconomic situation has been developed, which no longer meets the requirements of modern agrarian policy and does not fit into its framework. In the present circumstances, one of the main sources of overcoming the crisis phenomena should be the human capital of the agrarian sector. However, the current level of its development make it impossible to conclude that in the medium and even more so in the long term, human capital can become the main tool for realizing the potential of the agrarian sector of the national economy, which, in fact, it should be. All this, definitely, determines the need to develop and adopt directions for the strategic development of human capital in the agrarian sector, which would take into account the peculiarities of its formation and use.

**Keywords:** human capital, agriculture, oblasts of the Central Chernozem Region (CChR), key types of agricultural products, number of the employed in agriculture, agrarian policy

**For citation:** Avdeev E.V., Markova A.L. Human capital and its role at realization of agricultural potential of the Central Chernozem Region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(2):195-206. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_195-206](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_195-206).

**А**гропромышленный комплекс объединяет в себе множество видов деятельности, однако центральным его звеном остается сельское хозяйство, значимость которого в последние годы все больше возрастает в связи с необходимостью обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации.

В сложных условиях нестабильности человеческий капитал приобретает особо важное значение, его качественные и количественные характеристики задают вектор социально-экономического развития, способствуя сохранению территориальной целостности любого государства. Заявленная для России социально ориентированная модель общества предполагает переход к новой человекоориентированной экономике, определяющей условия воспроизводства человеческого капитала и предъявляющей высокие требования к его качеству, которое зависит как от отраслевых особенностей, так и от процессов развития в сельской местности [8, 10, 11]. По мнению экспертов-экономистов, возможность выхода сельских территорий на более высокий уровень развития во многом предопределена величиной их человеческого капитала [9, 12].

Особенности аграрного производства обуславливают специфику формирования и использования человеческого капитала сельских территорий. В современных условиях именно человеческий капитал выступает первостепенным фактором повышения конкурентоспособности, экономического роста, эффективности и реализации потенциала и сельского хозяйства, и агропромышленного комплекса в целом [3].

Проведенный анализ динамики производственных показателей сельского хозяйства показал, что период с 2000 по 2020 г. характеризовался устойчивым развитием сельскохозяйственного производства в хозяйствах всех категорий с некоторыми колебаниями по годам (табл. 1).

**Таблица 1. Индексы производства продукции сельского хозяйства в хозяйствах всех категорий\* в областях ЦЧР, %**

Области ЦЧР	Годы								
	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Белгородская область	120,3	114,8	98,4	104,1	106,6	99,5	104,7	102,5	99,8
Воронежская область	129,0	100,7	72,7	99,3	104,6	102,8	101,8	107,1	99,0
Курская область	119,7	101,4	81,4	101,0	112,5	108,5	100,4	107,4	108,1
Липецкая область	108,2	109,6	77,6	106,8	107,7	105,5	106,7	111,4	106,4
Тамбовская область	100,3	109,5	72,1	109,7	94,0	113,5	100,6	106,5	109,4

Примечание: \* – в сопоставимых ценах, в процентах к предыдущему году.

Источник: [14, 15, 16].



Прежде всего следует отметить изменения структуры продукции сельского хозяйства по категориям хозяйств в областях, входящих в ЦЧР (табл. 2). Заметные изменения имели место в Воронежской и Курской областях. Так, за период с 2013 по 2020 г. доля продукции, производимой в сельскохозяйственных организациях, увеличилась соответственно на 21,7 и 21,2 п.п. Весьма значительно изменилась доля производимой продукции в хозяйствах населения, которая уменьшилась соответственно на 26,4 и 24,5 п.п.

**Таблица 2. Структура продукции сельского хозяйства по категориям хозяйств\* в областях ЦЧР, %**

Области ЦЧР	Годы					
	2013	2014	2017	2018	2019	2020
Сельскохозяйственные организации						
Белгородская область	82,6	86,1	86,0	87,4	87,1	87,0
Воронежская область	42,3	47,7	54,2	59,6	63,4	64,0
Курская область	60,2	65,5	76,3	78,5	80,4	81,4
Липецкая область	64,9	61,4	72,7	75,3	77,5	77,7
Тамбовская область	63,2	66,6	70,4	72,1	72,5	73,8
Хозяйства населения						
Белгородская область	14,5	10,9	10,3	8,5	7,7	7,2
Воронежская область	48,5	42,9	35,2	29,1	22,8	22,1
Курская область	32,9	27,7	15,5	12,5	10,2	8,4
Липецкая область	29,0	32,3	20,0	17,0	14,5	13,1
Тамбовская область	25,4	22,7	19,9	16,8	16,1	12,8
Крестьянские (фермерские) хозяйства**						
Белгородская область	2,9	2,9	3,7	4,1	5,2	5,8
Воронежская область	9,2	9,4	10,6	11,3	13,8	13,9
Курская область	6,9	6,7	8,2	9,0	9,4	10,2
Липецкая область	6,1	6,3	7,3	7,7	8,0	9,2
Тамбовская область	11,4	10,7	9,7	11,1	11,4	13,4

Примечание: \* – в фактически действовавших ценах, в процентах к итогу; \*\* – включая индивидуальных предпринимателей.  
Источник: [14, 15, 16].

Персонифицированный анализ по отраслям позволил установить, что отрасль растениеводства развивается более высокими темпами, чем отрасль животноводства (табл. 3). При этом отметим, что если в начале 2000-х гг. для отрасли животноводства в большинстве регионов была характерна стагнация, то на современном этапе, ввиду существенной поддержки со стороны государства, выраженной в принятии ряда государственных и региональных программ по развитию подотраслей животноводства, наблюдается стабильный рост их показателей.

Диагностика размеров посевных площадей показала, что после некоторого снижения в период с 2000 по 2005 г. в дальнейшем наблюдалась стабильная тенденция их увеличения как в целом по ЦЧР, так и областям, входящим в его состав (табл. 4). Так, за период с 2000 по 2020 г. посевные площади увеличились на 1465,5 тыс. га, или на 19,5%. При этом наибольший прирост отмечен в Тамбовской области, в которой за анализируемый период посевные площади увеличились на 487,6 тыс. га, или на 36,3%. Самые низкие темпы роста были в Белгородской области – лишь на 16,5 тыс. га, или на 1,2%. Однако данный факт в первую очередь объясняется изначальными высокими значениями освоенности и вовлеченности сельскохозяйственных земель в производство.

Таблица 3. Индексы производства продукции сельского хозяйства\* в областях ЦЧР, %

Области ЦЧР	Годы								
	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Продукция растениеводства									
Белгородская область	134,1	110,7	67,2	101,4	117,4	90,5	111,8	101,1	101,1
Воронежская область	148,5	106,2	50,3	98,8	104,2	101,8	98,0	107,1	96,4
Курская область	140,2	104,0	65,6	94,6	118,6	108,7	101,2	110,0	104,6
Липецкая область	110,2	110,9	58,7	106,6	110,7	105,8	106,2	117,1	108,6
Тамбовская область	105,5	118,0	57,4	118,0	90,0	108,8	96,8	109,4	112,0
Продукция животноводства									
Белгородская область	107,9	118,9	110,7	105,1	101,7	104,4	101,6	103,2	99,1
Воронежская область	96,9	92,8	106,1	100,0	105,2	104,7	108,3	107,0	103,1
Курская область	96,5	97,0	108,0	109,2	103,9	108,2	99,2	103,5	113,9
Липецкая область	105,0	107,4	103,6	107,0	103,2	105,1	107,4	102,2	102,3
Тамбовская область	93,3	95,4	100,8	99,4	101,2	121,3	105,0	102,8	105,8

Примечание: \* – в сопоставимых ценах, в процентах к предыдущему году.

Источник: [3, 4, 6, 7].

Таблица 4. Посевные площади сельскохозяйственных культур в областях ЦЧР в хозяйствах всех категорий, тыс. га

Области ЦЧР	Годы								
	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ЦЧР, всего	7516,6	6965,1	7541,7	8654,4	8556,9	8750,3	8637,7	8853,6	8981,1
В том числе									
Белгородская область	1408,7	1287,5	1244,3	1439,9	1429,6	1426,5	1417,9	1426,9	1425,2
Воронежская область	2292,1	2147,9	2326,9	2567,0	2532,5	2603,2	2576,9	2638,5	2685,9
Курская область	1351,3	1197,6	1337,7	1586,9	1626,3	1625,7	1617,2	1644,7	1666,3
Липецкая область	1121,0	1050,0	1207,7	1309,6	1329,8	1333,6	1312,6	1353,9	1372,6
Тамбовская область	1343,5	1282,1	1425,1	1751,0	1638,7	1761,3	1713,1	1789,7	1831,1

Источник: [14, 15, 16].

Анализ численности поголовья скота в хозяйствах всех категорий позволил выявить несколько разнонаправленных тенденций (табл. 5).

1. Численность поголовья КРС в анализируемом периоде в целом по ЦЧР снизилась на 955,9 тыс. гол., или на 46,0%. Данная тенденция с различной степенью интенсивности была характерна для всех областей, входящих в его состав. При этом наибольшие темпы отмечены в Липецкой области – на 217,3 тыс. гол., или на 65,4%, а наименьшие – в Воронежской области – на 123,9 тыс. гол., или на 19,4%.

При этом отметим, что на рубеже 2016/2017 гг. в ряде субъектов, а именно в Белгородской, Воронежской и Курской областях, наметился некоторый положительный тренд в изменении численности КРС. Так, например, в Воронежской области с 2017 по 2020 г. рост численности поголовья составил 51,2 тыс. гол., или 11,0%, а в Курской области – 17,9 тыс. гол., или 12,0%.

2. Анализ численности поголовья свиней в период с 2000 по 2020 г. во всех без исключения областях показал кратный рост. В целом по ЦЧР отмечен рост численности на 8554,6 тыс. гол., или более чем в 6 раз. Наиболее существенный прирост достигнут в Белгородской области – на 4084,5 тыс. гол., или в 9,7 раза. Для Воронежской области также были характерны значительные темпы роста – на 1098,4 тыс. гол., или в 3,5 раза.

3. При анализе численности поголовья овец и коз были выявлены в целом неоднозначные тенденции. В абсолютных значениях с 2000 по 2020 г. наблюдался рост численности поголовья по всем областям. При этом самый существенный рост отмечался в Курской области – на 87,4 тыс. гол., или в 2,7 раза. Однако с 2016 г. происходит снижение численности поголовья данной группы скота в большинстве областей в диапазоне от 12,1 до 30,7%. Положительная динамика сохранилась только в Курской области.

**Таблица 5. Поголовье скота в хозяйствах всех категорий в областях ЦЧР, тыс. гол.**

Области ЦЧР	Годы								
	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Поголовье крупного рогатого скота									
ЦЧР, всего	2078,6	1404,5	1108,4	1083,1	1069,0	1063,5	1066,6	1103,1	1122,7
В том числе									
Белгородская область	459,2	325,2	247,3	223,0	225,4	223,9	231,7	236,1	234,0
Воронежская область	638,8	388,5	367,6	462,9	466,0	463,7	464,9	489,8	514,9
Курская область	387,7	278,4	201,6	152,7	149,6	160,7	158,4	166,6	167,5
Липецкая область	332,3	219,5	145,9	123,7	122,2	115,0	116,4	114,8	115,0
Тамбовская область	260,6	192,9	146,0	120,8	105,8	100,2	95,2	95,8	91,3
Поголовье свиней									
ЦЧР, всего	1686,0	1454,2	3652,0	7423,2	7903,6	8895,3	9414,8	10156,2	10240,6
В том числе									
Белгородская область	469,1	534,6	2142,3	3954,4	4137,4	4362,8	4526,8	4542,4	4553,6
Воронежская область	438,3	366,3	489,5	638,6	713,8	1169,3	1340,0	1418,4	1536,7
Курская область	344,4	220,8	358,0	1384,8	1493,4	1695,5	1841,5	2149,7	2259,2
Липецкая область	230,8	145,3	402,4	537,5	567,8	681,5	758,7	796,0	723,0
Тамбовская область	203,4	187,2	259,8	907,9	991,2	986,2	947,9	1249,6	1168,1
Поголовье овец и коз									
ЦЧР, всего	424,8	325,3	477,7	624,9	639,2	620,6	577,8	558,1	558,5
В том числе									
Белгородская область	63,9	51,9	84,8	98,7	101,0	98,4	80,6	75,1	70,0
Воронежская область	207,0	125,4	173,8	244,6	245,1	235,1	219,8	211,9	210,9
Курская область	50,1	59,1	96,4	117,5	122,6	122,8	127,7	128,5	137,5
Липецкая область	40,5	32,0	55,2	87,3	92,0	84,6	75,7	73,7	74,3
Тамбовская область	63,3	56,9	67,5	76,8	78,5	79,7	74,1	68,9	65,8

Источник: [14, 15, 16].

Наряду с изменениями в численности поголовья животных проведенное исследование позволило выявить существенные трансформации структуры поголовья скота по категориям хозяйств (табл. 6).

Таблица 6. Структура поголовья скота в хозяйствах всех категорий в областях ЦЧР, %

Области ЦЧР	Годы														
	2010	2015	2017	2018	2020	2010	2015	2017	2018	2020	2010	2015	2017	2018	2020
	Сельскохозяйственные организации					Хозяйства населения					Крестьянские (фермерские) хозяйства*				
Крупный рогатый скот															
Белгородская область	66,6	71,5	71,9	73,4	75,3	28,7	21,5	19,7	18,3	16,4	4,7	7,0	8,4	8,3	8,3
Воронежская область	56,2	63,1	65,1	65,4	69,4	40,4	29,9	26,6	25,6	21,2	3,4	7,1	8,3	9,0	9,4
Курская область	54,7	62,4	64,5	62,4	61,4	41,1	29,3	26,6	28,1	28,5	4,2	8,3	8,9	9,5	10,1
Липецкая область	60,5	61,0	58,8	58,7	58,6	35,7	30,1	30,5	29,3	27,0	3,8	8,8	10,6	11,9	14,4
Тамбовская область	20,6	27,1	32,7	31,9	33,4	73,2	58,1	50,1	49,3	47,1	6,2	14,8	17,3	18,8	19,5
Свиньи															
Белгородская область	96,0	100	100	100	100	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	–	–	–	–
Воронежская область	48,1	93,3	97,3	97,8	98,3	45,8	6,1	2,5	2,1	1,6	6,1	0,5	0,2	0,1	0,1
Курская область	68,5	96,5	97,9	98,4	98,7	30	3,3	2,1	1,6	1,3	1,4	0,1	0,0	0,0	0,0
Липецкая область	83,7	90,2	94,7	95,4	95,1	15	8,6	5,0	4,3	4,3	1,4	1,2	0,3	0,2	0,6
Тамбовская область	51,1	94,0	94,0	94,5	96,0	44,4	5,8	5,9	5,4	4,0	4,5	0,2	0,1	0,1	0,0
Овцы и козы															
Белгородская область	7,6	8,9	16,5	9,9	11,8	85,8	80,9	77,5	84,0	81,1	6,6	10,2	6,0	6,1	7,1
Воронежская область	14,9	12,5	8,9	8,6	7,4	73,3	59,3	63,8	66,9	65,2	11,8	28,3	27,3	24,5	27,4
Курская область	15,2	16,2	14,8	23,6	39,1	77,9	69,6	72,0	68,1	54,3	7,0	14,1	13,3	8,4	6,6
Липецкая область	9,2	16,3	12,9	10,0	11,0	81,8	71,4	76,5	79,0	77,4	9,0	12,3	10,6	11,0	11,6
Тамбовская область	8,5	8,3	8,0	7,3	8,5	76,9	72,9	71,4	73,0	73,4	14,6	18,8	20,5	19,8	18,1

Примечание: \* – включая индивидуальных предпринимателей.

Источник: [14, 15, 16].

1. Установлена устойчивая тенденция увеличения доли, приходящейся на сельскохозяйственные организации.

Анализ поголовья КРС показал, что в исследуемом периоде наиболее значительный прирост наблюдался в Воронежской и Тамбовской областях, где поголовье увеличилось соответственно на 13,2 и 12,8 п.п. до 69,4 и 33,4%.

Проведенное исследование поголовья свиней позволило выявить еще более существенные тенденции, которые свидетельствуют о том, что практически все производство свинины сосредоточено в сельскохозяйственных организациях. В Воронежской и Тамбовских областях отмечался рост поголовья соответственно на 50,2 и 44,9 п.п. до 98,3 и 96,0%, а в целом по ЦЧР в 2020 г. доля, приходящаяся на СХО, составила 95,1%.

2. Отмечено существенное снижение доли поголовья скота в хозяйствах населения по всем без исключения анализируемым видам скота, а также во всех областях, входящих в состав ЦЧР.

Наиболее существенное снижение отмечено по поголовью свиней: в 2020 г. свиней содержали не более 4,3% хозяйств населения.

В подотраслях овцеводства и козоводства, традиционно считавшихся прерогативой хозяйств населения, также отмечено сокращение численности животных: наиболее существенное снижение этого показателя имело место в Курской области – на 23,6 п.п.

3. В крестьянских (фермерских) хозяйствах изменения численности поголовья произошли с разной степенью выраженности в зависимости от области.

Наиболее существенно увеличилось поголовье КРС: в Тамбовской и Липецкой областях отмечен рост соответственно на 13,3 и 10,3 п.п. до 19,5 и 14,4%.

Исследование динамики изменения объемов производства основных видов продукции отрасли животноводства позволило выявить несколько разнонаправленных тенденций (табл. 7).

**Таблица 7. Производство основных видов продукции отрасли животноводства в хозяйствах всех категорий в областях ЦЧР**

Области ЦЧР	Годы								
	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Производство скота и птицы на убой (в убойном весе), тыс. т									
ЦЧР, всего	421,7	515,5	1287,6	2323,6	2405,0	2651,5	2771,3	2861,6	3008,6
Белгородская область	115,2	202,8	789,0	1265,1	1277,6	1332,9	1322,9	1370,9	1372,6
Воронежская область	107,1	112,8	185,4	231,1	259,3	287,6	348,8	371,1	381,7
Курская область	79,7	70,6	93,4	338,7	363,4	406,0	416,0	424,2	506,0
Липецкая область	59,6	72,6	152,7	243,4	247,6	265,7	288,1	293,4	302,8
Тамбовская область	60,1	56,7	67,2	245,3	257,0	359,3	395,5	402,0	445,5
Производство молока, тыс. т									
ЦЧР, всего	2509,2	2151,4	2125,5	2111,6	2109,0	2164,0	2293,7	2447,0	2538,5
Белгородская область	604,8	517,8	557,4	531,5	542,6	593,6	623,8	683,5	686,6
Воронежская область	758,8	618,2	683,3	807,7	829,3	841,5	904,8	980,5	1024,7
Курская область	441,8	396,7	377,3	297,5	282,0	276,5	289,9	303,7	334,0
Липецкая область	390,1	337,8	274,5	254,6	255,0	257,5	279,4	287,0	300,7
Тамбовская область	313,7	280,9	232,9	220,3	200,2	194,9	195,8	192,3	192,5
Производство яиц, млн шт.									
ЦЧР, всего	2239,6	2627,6	3264,4	3269,2	3427,1	3575,4	3650,5	3453,8	3415,4
Белгородская область	567,3	810,0	1485,1	1477,4	1585,2	1662,1	1658,1	1647,1	1605,7
Воронежская область	629,1	668,6	673,5	882,2	942,9	947,9	983,8	757,7	760,4
Курская область	360,0	323,5	346,2	192,1	184,8	170,8	156,6	164,4	172,7
Липецкая область	364,1	489,2	535,9	557,9	564,2	643,1	711,2	752,4	756,4
Тамбовская область	319,1	336,3	223,7	159,5	150,0	151,5	140,9	132,2	120,2
Производство шерсти, т									
ЦЧР, всего	642,0	492,0	643,0	866,0	928,0	856,0	756,0	742,0	686,0
Белгородская область	127,0	60,0	69,0	63,0	60,0	74,0	56,0	50,0	44,0
Воронежская область	270,0	200,0	257,0	400,0	398,0	389,0	384,0	376,0	370,0
Курская область	73,0	85,0	154,0	153,0	141,0	145,0	100,0	108,0	65,0
Липецкая область	73,0	67,0	82,0	140,0	212,0	151,0	126,0	119,0	115,0
Тамбовская область	99,0	80,0	81,0	110,0	117,0	97,0	90,0	89,0	92,0

Источник: [14, 15, 16].

В анализируемом периоде имело место кратное увеличение объемов производства мяса скота и птицы (в убойном весе) во всех областях. В целом по ЦЧР рост составил 2586,9 тыс. т, или в 7,1 раза. При этом самый значительный прирост отмечен в Белгородской области – на 1257,43 тыс. т, или в 11,9 раза.

В производстве молока все не так однозначно. В Воронежской и Белгородской областях отмечено увеличение объемов производства соответственно на 265,9 и 81,8 тыс. т, или на 35,0 и 13,5%. В то же время в остальных регионах наблюдалось снижение объемов производства молока, что в совокупности привело к тому, что в целом по ЦЧР за период с 2000 по 2020 г. объемы производства хоть и незначительно, но увеличились – на 29,3 тыс. т, или на 1,2%.

Анализ объемов производства яиц позволил установить, что по ЦЧР произошло увеличение на 1175,8 млн шт., или на 52,5%. При этом в Белгородской и Липецкой областях этот показатель составил 1430,7 млн шт. (увеличение в 2,5 раза).

Анализ структуры производства основных продуктов животноводства по категориям хозяйств показал, что здесь характерен тренд увеличения доли сельскохозяйственных организаций в общем объеме производства с одновременным снижением доли хозяйств населения с разной степенью выраженности в зависимости от вида продукции во всех без исключения областях (табл. 8). Отмечается также некоторое увеличение доли К(Ф)Х. Однако данные темпы пока в целом незначительны [5].

Таблица 8. Структура производства основных продуктов животноводства по категориям хозяйств в областях ЦЧР, %

Области ЦЧР	Годы														
	2010	2015	2017	2018	2020	2010	2015	2017	2018	2020	2010	2015	2017	2018	2020
	Сельскохозяйственные организации					Хозяйства населения					Крестьянские (фермерские) хозяйства*				
Скот и птица на убой (в убойном весе)															
Белгородская область	96,1	98,7	98,9	98,9	98,9	3,8	1,2	1,1	1,0	1,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Воронежская область	52,2	73,7	80,5	84,8	86,2	46,3	25,2	18,3	14,3	12,9	1,4	1,1	1,1	0,9	0,9
Курская область	58,2	92,2	94,3	96,3	98,6	41,1	7,6	5,5	3,6	1,3	0,6	0,2	0,2	0,2	0,1
Липецкая область	84,5	90,3	92,0	93,0	94,0	15,0	8,8	7,6	6,5	5,6	0,5	0,9	0,4	0,4	0,5
Тамбовская область	28,5	87,5	92,2	93,3	94,9	68,5	11,7	7,1	6,1	4,5	3,0	0,8	0,6	0,6	0,6
Молоко															
Белгородская область	61,8	70,8	74,6	76,7	79,1	34,7	23,8	19,1	17,2	15,0	3,6	5,4	6,4	6,1	5,9
Воронежская область	46,6	59,0	68,7	71,8	78,3	50,0	36,8	26,5	23,5	17,0	3,4	4,2	4,8	4,7	4,7
Курская область	42,2	53,9	60,8	59,8	64,2	53,5	39,7	32,6	34,2	29,7	4,2	6,4	6,6	6,0	6,0
Липецкая область	61,5	69,0	70,3	73,2	76,5	35,3	26,5	24,1	21,2	17,1	3,1	4,6	5,5	5,7	6,4
Тамбовская область	18,8	27,1	34,2	37,7	40,3	76,3	59,2	51,2	47,4	44,4	4,9	13,7	14,7	14,9	15,3
Яйца															
Белгородская область	61,8	70,8	74,6	76,7	79,1	34,7	23,8	19,1	17,2	15,0	3,6	5,4	6,4	6,1	5,9
Воронежская область	46,6	59,0	68,7	71,8	78,3	50,0	36,8	26,5	23,5	17,0	3,4	4,2	4,8	4,7	4,7
Курская область	42,2	53,9	60,8	59,8	64,2	53,5	39,7	32,6	34,2	29,7	4,2	6,4	6,6	6,0	6,0
Липецкая область	61,5	69,0	70,3	73,2	76,5	35,3	26,5	24,1	21,2	17,1	3,1	4,6	5,5	5,7	6,4
Тамбовская область	18,8	27,1	34,2	37,7	40,3	76,3	59,2	51,2	47,4	44,4	4,9	13,7	14,7	14,9	15,3

Примечание: \* – включая индивидуальных предпринимателей.

Источник: [14, 15, 16].

Сформировался устойчивый тренд снижения удельного веса убыточных и соответственно рост доли прибыльных организаций (табл. 9). Так, если в 2005 г. доля предприятий, показавших отрицательный финансовый результат, в среднем по ЦЧР была в диапазоне от 41,6 до 52,8%, то к 2020 г. их доля стала существенно ниже. Так, в Тамбовской области за анализируемый период отмечено снижение на 37,1 п.п., а в Курской области – на 29,4 п.п.

**Таблица 9. Удельный вес убыточных организаций в сельском хозяйстве областей ЦЧР\***

Области ЦЧР	Годы							
	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Белгородская область	44,4	35,6	23,4	23,2	24,1	18,5	17,1	19,8
Воронежская область	41,6	38,2	27,9	21,0	26,4	33,8	28,9	23,0
Курская область	52,6	27,8	26,1	17,1	22,9	25,6	24,1	23,2
Липецкая область	48,6	45,9	30,4	16,2	31,5	20,2	22,2	20,3
Тамбовская область	52,8	26,4	27,5	16,9	32,1	28,6	24,6	15,7

Примечание: \* – без субъектов малого предпринимательства.

Источник: [14, 15, 16].

Однако наряду с положительными тенденциями в финансовом обеспечении сельскохозяйственных организаций степень износа основных фондов достаточно негативно характеризует текущую деятельность предприятий по обновлению основных средств, что, в свою очередь, предопределяет сложности в перспективном развитии сельскохозяйственного производства, особенно ввиду ограниченности доступа отечественного производства к рынкам инновационной техники и технологий [5] (табл. 10).

Как показало исследование, негативная ситуация сложилась в Белгородской области, в которой за период с 2010 по 2020 г. степень износа основных средств увеличилась на 29,0 п.п. и стала составлять 54,5%.

**Таблица 10. Степень износа основных фондов в сельском хозяйстве областей ЦЧР\***

Области ЦЧР	Годы					
	2010	2016	2017	2018	2019	2020
Белгородская область	25,5	45,4	47,2	48,3	50,8	54,5
Воронежская область	31,8	32,7	37,6	36,2	37,3	39,3
Курская область	30,3	32,5	30,0	34,6	35,3	38,7
Липецкая область	33,2	34,9	33,8	37,2	34,3	35,8
Тамбовская область	34,9	34,8	38,7	44,0	42,3	42,5

Примечание: \* – без субъектов малого предпринимательства.

Источник: [14, 15, 16].

Что касается роста ресурсного обеспечения, то здесь имеются определенные ограничения, в большинстве своем вызванные накопившимися проблемами в социально-экономическом развитии сельской местности, а также несоответствием качественного и количественного уровня развития человеческого капитала аграрной сферы требованиям, предъявляемым текущей экономической конъюнктурой [18, 19].

Как показывают проведенные исследования, за анализируемый период наблюдалось уменьшение численности сельского населения: всего по РФ с 1990 г. уменьшение составило более 1,5 млн чел. [2, 13]. В абсолютном выражении наибольшее снижение произошло в Центральном федеральном округе. Как следствие, численность работников в сельском хозяйстве также снизилась: за анализируемый период в Белгородской

и Тамбовской областях в 1,5 раза, в Липецкой области в 1,7 раз, в Воронежской области 1,8 раз, а в Курской области в 2,5 раза. Данные тенденции связаны как с миграционными процессами, обезлюдением сельских территорий, так и с интенсификацией сельскохозяйственного производства, требующей меньшей по количеству, но при этом высококвалифицированной рабочей силы (табл. 11) [3, 10, 11]. При этом население сталкивается с такими проблемами, как низкий уровень механизации труда, преобладание ручного труда, отсутствие налаженной системы сбыта продукции, ограниченные возможности получения мелких и средних краткосрочных кредитов [3, 10, 11, 19].

**Таблица 11. Среднегодовая численность занятых в сельском хозяйстве в областях ЦЧР, тыс. чел.**

Области ЦЧР	Годы								
	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Белгородская область	164,6	130,2	131,4	100,9	104,8	93,8	91,7	102,5	100
Воронежская область	243,2	190,2	163,9	142,8	147,7	146,6	147,5	105,8	130,5
Курская область	150,4	129,7	102,2	63,0	63,6	60,0	58,6	68,4	8,6
Липецкая область	101,1	76,2	67,4	67,6	66,4	64,2	64,3	82,9	58,5
Тамбовская область	136,7	131,5	119,5	118,5	116,4	113,7	113,7	118,5	96,8

Источник: [14, 15, 16].

Обобщая результаты проведенного анализа, заметим, что в аграрной сфере областей, входящих в состав ЦЧР, происходят достаточно сложные и неоднозначные процессы [17]. С одной стороны, наблюдаются некоторые улучшения в сельскохозяйственном производстве по ряду показателей, таких как рост уровня доходности организаций, рост объемов производства, рост объемов посевных площадей и др. Однако в то же время растет степень износа основных фондов, снижается доля численности поголовья и объемов производства сельскохозяйственной продукции в хозяйствах населения. Данные проведенного исследования с учетом анализа современной политической ситуации как внутри страны, так и за ее пределами (преобразование Таможенного союза в Евразийский экономический союз, принятие государственных и региональных социально-экономических стратегий развития, вхождение в состав Российской Федерации ряда новых регионов, введение коалицией «недружественных» стран санкций против всего народнохозяйственного комплекса России и др.) свидетельствуют о том, что создается принципиально новая социально-экономическая ситуация, которая уже не отвечает требованиям современной аграрной политики и не укладывается в ее рамки [4, 11].

В данных условиях одним из основных источников преодоления кризисных явлений должен выступать человеческий капитал аграрной сферы. Однако сложившийся уровень его развития пока не позволяет говорить о том, что в среднесрочной и тем более долгосрочной перспективах он будет служить основным инструментом реализации потенциала аграрной сферы Российской Федерации, которым он, по сути, и должен являться [1]. Все это в конечном итоге предопределяет необходимость разработки и принятия стратегии развития человеческого капитала аграрной сферы, в которой были бы учтены особенности его формирования и использования.

#### Список источников

1. Авдеев Е.В. Состояние и тенденции развития человеческого капитала в аграрной сфере Российской Федерации // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2020. Т. 13, № 3(66). С. 146–159. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.3.146.



2. Долбик-Воробей Т.А., Воробьева О.Д. Статистика населения и демография + еПриложение: тесты : учебник. Москва: КНОРУС, 2018. 314 с.
3. Дорофеев А.Ф., Никулина Н.Н. Система воспроизводства кадрового потенциала как ключевой фактор успешного развития агропромышленного комплекса региона // *Инновации в АПК: проблемы и перспективы*. 2019. № 1(21). С. 106–116.
4. Дорофеев А.Ф., Петросов Д.А., Петросова Н.В., Михайлова В.Л. Человеческий капитал и его влияние на эффективность внедрения инновации в АПК: монография. Белгород: ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2019. 193 с.
5. Ивантер В.В. Перспективы экономического развития России // *Проблемы прогнозирования*. 2018. № 3. С. 3–6.
6. Китаёв Ю.А. Особенности стратегического планирования в АПК // *Современная экономика: актуальные проблемы, задачи и траектории развития: материалы II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции (Курск, 10 июня 2021 г.)*. Курск: ФГБОУ ВО Курская ГСХА, 2021. С. 19–26.
7. Китаёв Ю.А. Тенденции развития молочного скотоводства в России // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2020. Т. 13, № 3(66). С. 182–187. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.3.182.
8. Кусакина О.Н., Кривокопа Ю.Н. Методические подходы к оценке состояния сельской территории как многофункциональной эколого-социально-экономической системы // *Теория и практика общественного развития*. 2014. № 9. С. 58–63.
9. Меренкова И.Н., Перцев В.Н., Новикова И.И. и др. Методические рекомендации по оценке жизнеобеспечения сельского населения. Воронеж: ГНУ НИИЭОАПК ЦЧР России Россельхозакадемии, 2012. 53 с.
10. Меренкова И.Н., Перцев В.Н., Новикова И.И. Концептуальные положения по формированию стратегии жизнеобеспечения сельского населения. Воронеж: ГНУ НИИ ЭО АПК ЦЧР России, 2012. 48 с.
11. Меренкова И.Н. Социальные приоритеты развития сельских территорий и человеческого капитала // *Островские чтения*. 2019. № 1. С. 327–330.
12. Нефедова Т. Пространственные контрасты сельской местности [Электронный ресурс] // *Отечественные записки*. 2012. № 6(51). URL: <https://magazines.gorky.media/oz/2012/6/prostranstvennyye-kontrasty-selskoj-mestnosti.html> (дата обращения: 02.03.2022).
13. Новоселова С.В., Денисенко М.Б. Основы демографии: пособие для государственных служащих под общей редакцией Лапиной С.В. Минск: Альтиора - Живые краски, 2012. 134 с.
14. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2019: Стат. сб. Москва: Росстат, 2019. 1204 с.
15. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2020: Стат. сб. Москва: Росстат, 2020. 1242 с.
16. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2021: Стат. сб. Москва: Росстат, 2021. 1112 с.
17. Терновых К.С., Авдеев Е.В. Стратегия развития человеческого капитала аграрной сферы: монография. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2022. 150 с.
18. Терновых К.С., Маркова А.Л. Занятость сельского населения: проблемы и пути решения // *Теория и практика инновационных технологий в АПК: материалы национальной научно-практической конференции (Воронеж, 18–29 марта 2021 г.)*. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. Ч. 3. С. 144–148.
19. Терновых К.С., Маркова А.Л., Леонова Н.В., Панкратова Л.Д. Сферы и уровень занятости сельского населения [Электронный ресурс] // *Столыпинский вестник*. 2022. Т. 4, № 1. Номер публикации: 25. DOI: 10.55186/27131424\_2022\_4\_1\_20.

#### References

1. Avdeev E.V. Sostoyanie i tendentsii razvitiya chelovecheskogo kapitala v agrarnoj sfere Rossijskoj Federatsii [State and trends of human capital development in the agricultural sector of the Russian Federation]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2020;13(3):146-159. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.3.146. (In Russ.).
2. Dolbik-Vorobey T.A., Vorobieva O.D. Statistika naseleniya i demografiya + ePrilozhenie: testy: uchebnik [Population statistics and demography +eSupplement: tests: textbook]. Moscow: KNORUS Press; 2018. 314 p. (In Russ.).
3. Dorofeev A.F., Nikulina N.N. Sistema vosproizvodstva kadrovogo potentsiala kak klyuchevoj faktor uspešnogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa regiona [System of reproduction of personnel potential as a key factor of successful development of the Agro-Industrial Complex of the region]. *Innovatsii v APK: problemy i perspektivy = Innovations in Agricultural Complex: Problems and Perspectives*. 2019;1(21):106-116. (In Russ.).
4. Dorofeev A.F., Petrosov D.A., Petrosova N.V., Mikhailova V.L. Chelovecheskij kapital i ego vliyanie na effektivnost' vnedreniya innovatsii v APK: monografiya [Human capital and its impact on the effectiveness of innovation introduction in agriculture: monograph]. Belgorod: Belgorod State Agricultural University Press; 2019. 193 p. (In Russ.).
5. Ivanter V.V. Perspektivy ekonomicheskogo razvitiya Rossii [Prospects of economic development in Russia]. *Problemy prognozirovaniya = Problems of Forecasting (Studies on Russian Economic Development)*. 2018;3:3-6. (In Russ.).
6. Kitaev Yu.A. Osobennosti strategicheskogo planirovaniya v APK [Features of strategic planning in the Agro-Industrial Complex]. *Sovremennaya ekonomika: aktual'nye problemy, zadachi i traektorii razvitiya: materialy II Vserossijskoj (natsional'noj) nauchno-prakticheskoj konferentsii (Kursk, 10 iyunya 2021 g.) [Modern economy: actual problems, targets and development pathway: Proceedings of the II All-Russian (National) Research-to-Practice Conference (Kursk, June 10, 2021)]*. Kursk: Kursk State Agricultural Academy Press; 2021:19-26. (In Russ.).

7. Kitayov Yu.A. Tendentsii razvitiya molochnogo skotovodstva v Rossii [Development trends of dairy cattle breeding in the Russia Federation]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2020;13(3):182-187. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.3.182. (In Russ.).
8. Kusakina O.N., Krivokora Yu.N. Metodicheskie podkhody k otsenke sostoyaniya sel'skoj territorii kak mnogofunktsion'noj ekologo-social'no-ekonomicheskoy sistemy [Methodological approaches to the assessment of rural areas as a multifunctional ecological and socio-economic system]. *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya = Theory and Practice of Social Development*. 2014;9:58-63. (In Russ.).
9. Merenkova I.N., Pertsev V.N., Novikova I.I. et al. Metodicheskie rekomendatsii po otsenke zhizneobespecheniya sel'skogo naseleniya [Methodological recommendations for assessing the livelihood of the rural population]. Voronezh: Research Institute of Economics and Organization of Agro-Industrial Complex of the Central Chernozem Region Press; 2012. 53 p. (In Russ.).
10. Merenkova I.N., Pertsev V.N., Novikova I.I. Kontseptual'nye polozheniya po formirovaniyu strategii zhizneobespecheniya sel'skogo naseleniya [Conceptual Framework for Rural Livelihood Strategy]. Voronezh: Research Institute of Economics and Organization of Agro-Industrial Complex of the Central Chernozem Region Press; 2012. 48 p. (In Russ.).
11. Merenkova I.N. Social'nye priority razvitiya sel'skih territorij i chelovecheskogo kapitala [Social priorities for the development of rural areas and human capital]. *Ostrovskie chteniya = Ostrovski Readings*. 2019;1:327-330.
12. Nefedova T. Prostranstvennye kontrasty sel'skoj mestnosti [Spatial contrasts of the countryside]. *Otechestvennye zapiski = Domestic Papers*. 2012;6(5). URL: <https://magazines.gorky.media/oz/2012/6/prostranstvennye-kontrasty-selskoj-mestnosti.html>. (In Russ.).
13. Novoselova S.V., Denisenko M.B. Osnovy demografii: posobie dlya gosudarstvennykh sluzhashchikh; pod obshchej redaktsiej Lapinoy S.V. [Fundamentals of demography: handbook for civil servants; under the general editorship of Lapina S.V.]. Minsk: Altiora - Zhivye kraski Press; 2012. 134 p. (In Russ.).
14. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli. 2019: Stat. sb. [Regions of Russia. Social and economic indices. 2019]. Moscow: Federal State Statistics Service (Rosstat); 2019. 1204 p. (In Russ.).
15. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli. 2020: Stat. sb. [Regions of Russia. Social and economic indices. 2020]. Moscow: Federal State Statistics Service (Rosstat); 2020. 1242 p. (In Russ.).
16. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli. 2021: Stat. sb. [Regions of Russia. Social and economic indices. 2021]. Moscow: Federal State Statistics Service (Rosstat); 2021. 1112 p. (In Russ.).
17. Ternovykh K.S., Avdeev E.V. Strategiya razvitiya chelovecheskogo kapitala agrarnoj sfery: monografiya [Strategy of development of human capital of the agrarian sphere: monograph]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2022. 150 p. (In Russ.).
18. Ternovykh K.S., Markova A.L. Zanyatost' sel'skogo naseleniya: problemy i puti resheniya [Employment of rural population: common problems and solutions]. Teoriya i praktika innovatsionnykh tekhnologij v APK: materialy natsional'noj nauchno-prakticheskoy konferentsii (Voronezh, 18-29 marta 2021 g.) [Theory and practice of innovative technologies in agriculture: Proceedings of the National Research-to-Practice Conference (Voronezh, March 18-29, 2021)]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2021;3:144-148. (In Russ.).
19. Ternovykh K.S., Markova A.L., Leonova N.V., Pankratova L.D. Sfery i uroven' zanyatosti sel'skogo naseleniya [Spheres and level of employment of rural population]. *Stolypinskij vestnik = Stolypinskiy Vestnik*. 2022;4(1):25. DOI: 10.55186/27131424\_2022\_4\_1\_20. (In Russ.).

#### Информация об авторах

Е.В. Авдеев – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры организации производства и предпринимательской деятельности в АПК ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [avdeev1707@mail.ru](mailto:avdeev1707@mail.ru).

А.Л. Маркова – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры организации производства и предпринимательской деятельности в АПК ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [malena1411@mail.ru](mailto:malena1411@mail.ru).

#### Information about the authors

E.V. Avdeev, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Farm Production Management and Entrepreneurial Business in Agro-Industrial Complex, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [avdeev1707@mail.ru](mailto:avdeev1707@mail.ru).

A.L. Markova, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Farm Production Management and Entrepreneurial Business in Agro-Industrial Complex, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [malena1411@mail.ru](mailto:malena1411@mail.ru).

Статья поступила в редакцию 20.05.2023; одобрена после рецензирования 24.06.2023; принята к публикации 28.06.2023.

The article was submitted 20.05.2023; approved after reviewing 24.06.2023; accepted for publication 28.06.2023.

© Авдеев Е.В., Маркова А.Л., 2023

5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА  
(ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 331.101.262:63(470.324)

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2023\_2\_207

EDN: PCLLHN

**Состояние и тенденции развития трудовых ресурсов  
аграрной сферы Воронежской области**

**Зинаида Петровна Медеяева<sup>1✉</sup>, Наталья Петровна Шилова<sup>2</sup>**

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

<sup>1</sup>medelaeva@mail.ru<sup>✉</sup>

**Аннотация.** Рост объемов производства продукции сельского хозяйства определяется наличием трудовых ресурсов, эффективностью их использования, которая в значительной степени зависит от заинтересованности работников в оплате их труда. Проведенный анализ состояния трудовых ресурсов аграрной сферы Воронежской области свидетельствует о сокращении численности населения, трудовых ресурсов, работников сельскохозяйственных организаций. Как базисные, так и цепные темпы имеют отрицательные значения, при этом максимальные показатели убыли населения отмечаются в начале 2000-х годов. Прирост в основном наблюдается в г. Воронеже и муниципальных образованиях городского типа, а также в пригородных районах (Новоусманский, Рамонский), население которых задействовано преимущественно не в аграрной сфере. В сельской местности отмечается сложная демографическая ситуация из-за высокой смертности и продолжающегося миграционного оттока молодежи в города. Более высокий уровень смертности среди мужчин трудоспособного возраста в Воронежской области (почти в 5 раз по сравнению с другими областями) обуславливает более высокое соотношение в пользу женщин, особенно в возрасте старше 50 лет. Проведен анализ рынка труда в целом по стране и Воронежской области, свидетельствующий, что несмотря на многие отрицательные факторы показатели занятости и уровень заработной платы имеют позитивные тенденции. Представлены данные, отражающие численность работников аграрной сферы, а также уровень заработной платы по категориям работников. За последние десять лет выявлено сокращение на 14% численности работников сельскохозяйственных предприятий (особенно в отрасли животноводства), обусловленное снижением количества сельскохозяйственных предприятий, а также приобретением современной высокопроизводительной техники. Из положительных моментов отмечен рост оплаты труда в отраслях сельского хозяйства, сокращение разрыва между оплатой труда в целом по Воронежской области и основными категориями работников сельскохозяйственных предприятий.

**Ключевые слова:** аграрная сфера, трудовые ресурсы, численность населения, занятость, безработица, заработная плата, Воронежская область

**Для цитирования:** Медеяева З.П., Шилова Н.П. Состояние и тенденции развития трудовых ресурсов аграрной сферы Воронежской области // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 2(77). С. 207–217. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_207](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_207)–217.

5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS  
(ECONOMIC SCIENCES)

Original article

**Current state and development trends of human  
resources in Voronezh regional agrarian sector**

**Zinaida P. Medelyaeva<sup>1✉</sup>, Natalia P. Shilova<sup>2</sup>**

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

<sup>1</sup>medelaeva@mail.ru<sup>✉</sup>

**Abstract.** The growth of agricultural production is determined by the availability of labor resources, the efficiency of their use, which largely depends on the interest of employees in terms of remuneration. The analysis of the state of the labor resources of the agricultural sector of Voronezh Oblast indicates a decrease in the population, labor resources, and employees of agricultural organizations. Both basic and chain rates have negative values,

while the maximum indicators of population decline are noted in the early 2000s. The increase is mainly observed in the city of Voronezh and in urban-type municipalities, as well as in suburban areas (Novousmansky, Ramonsky), whose population is mainly not involved in the agricultural sector. There is a difficult demographic situation in rural areas due to high mortality and the continued migration outflow of young people to cities. The higher mortality rate among men of working age in Voronezh Oblast (almost 5 times higher as compared to other oblasts) causes a higher male/female ratio in favor of women, particularly over the age of 50. The findings of the conducted analysis of the labor market in the whole country and Voronezh Oblast indicated that, despite many negative factors, the indicators of employment and wages have positive trends. The data obtained reflect the number of workers in the agricultural sector, as well as the level of wages by category of workers. Over the past ten years, a 14% reduction in the number of employees of agricultural enterprises (especially in the livestock industry) has been revealed, due to a decrease in the number of agricultural enterprises, as well as the acquisition of modern high-performance equipment. Among the positive aspects, an increase in wages in agricultural industries, a reduction in the gap between wages in Voronezh Oblast on the whole and the main categories of employees of agricultural enterprises should be mentioned.

**Keywords:** agrarian sector, human resources, population, employment, unemployment, wages, Voronezh Oblast  
**For citation:** Medelyaeva Z.P., Shilova N.P. Current state and development trends of human resources in Voronezh regional agrarian sector. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(2):207-217. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_207-217](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_207-217).

**М**одернизация экономики и дальнейший переход на инновационную модель развития сельских территорий зависит от многих факторов, среди которых особую значимость имеют трудовые ресурсы. При этом трудовые ресурсы рассматриваются как часть населения страны, которая обладает физическими и духовными способностями к труду и которая представляет собой действующую и потенциальную рабочую силу. Развитие экономики региона во многом определяется величиной ресурсного потенциала, под которым понимают совокупность всех видов ресурсов, формирующихся на данной территории, которые могут быть использованы в процессе общественного производства.

Обеспечение рационального использования трудовых ресурсов во всех регионах страны – одна из приоритетных задач социально-экономического развития хозяйственного комплекса России. Для ее решения требуется объективная оценка трудовых ресурсов, которыми располагает общество, потребностей хозяйственного комплекса в рабочей силе и путей наиболее эффективного и полного использования трудовых ресурсов в стране и регионах исходя из интересов всего общества.

Трудовые ресурсы во многом определяются численностью жителей определенного региона, так как именно население в трудоспособном возрасте составляет основную часть трудовых ресурсов хозяйствующих субъектов (до 90%). Численность жителей Воронежской области, как и многих других регионов страны, последние десятилетия снижается.

В 1990 г. на территории Воронежской области проживало 2471,6 тыс. чел., в 1995 г. – 2495,0, в 2000 г. – 2441,3 тыс. чел. [12]. По состоянию на 01.01.2022 население региона составляло 2287,7 тыс. чел., сократившись на 17,9 тыс., или на 0,8%, по сравнению с аналогичным периодом 2021 г. Динамика численности населения Воронежской области приведена в таблице 1.

Если в 1993–1995 гг. имело место положительное сальдо по приросту и убыли населения, то с 1998 г. убыль превышает прирост. Максимально высокие показатели убыли населения отмечены в 2001–2003 гг., когда убыль превышала прирост на 25,3 тыс. чел. в 2002 г. и на 22,7 тыс. чел. в 2003 г.

По прогнозу Федеральной службы государственной статистики численность населения Воронежской области к 2030 г. может уменьшиться до 2282,6 тыс. чел., а к 2036 г. – до 2268,3 тыс. чел. [12].

**ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**Таблица 1. Динамика изменения численности населения Воронежской области  
(по состоянию на начало года)**

Годы	Численность, тыс. чел.	Прирост / убыль по сравнению с прошлым периодом, тыс. чел.	Цепные темпы прироста / убыли, %	Прирост / убыль по сравнению с 1990 г., тыс. чел.	Базисные темпы прироста, %
1990	2471,6	-	-	-	-
1995	2495,0	23,4	0,9	23,4	0,9
2000	2441,3	-53,6	-2,1	-30,2	-1,2
2001	2422,4	-19,0	-0,8	-49,2	-2,0
2002	2397,1	-25,3	-1,0	-74,5	-3,0
2003	2374,5	-22,7	-0,9	-97,1	-3,9
2004	2367,5	-7,0	-0,3	-104,1	-4,2
2005	2364,9	-2,5	-0,1	-106,6	-4,3
2006	2360,9	-4,0	-0,2	-110,7	-4,5
2007	2353,8	-7,1	-0,3	-117,8	-4,8
2008	2344,4	-9,4	-0,4	-127,2	-5,1
2009	2339,0	-5,4	-0,2	-132,6	-5,4
2010	2334,9	-4,1	-0,2	-136,7	-5,5
2011	2334,8	-0,1	0,0	-136,8	-5,5
2012	2331,5	-3,3	-0,1	-140,1	-5,7
2013	2330,4	-1,1	0,0	-141,2	-5,7
2014	2329,0	-1,4	-0,1	-142,6	-5,8
2015	2331,1	2,2	0,1	-140,4	-5,7
2016	2333,5	2,3	0,1	-138,1	-5,6
2017	2335,4	1,9	0,1	-136,2	-5,5
2018	2333,8	-1,6	-0,1	-137,8	-5,6
2019	2327,8	-5,9	-0,3	-143,7	-5,8
2020	2324,2	-3,6	-0,2	-147,4	-6,0
2021	2305,6	-18,6	-0,8	-166,0	-6,7
2022	2287,7	-17,9	-0,8	-183,9	-7,4
2023	2285,3	-2,4	-0,1	-186,3	-7,5

Источник: рассчитано авторами по данным [12].

Прирост и убыль населения по муниципальным образованиям различны: выше уровень прироста в г. Воронеже, в муниципальных образованиях городского типа (г. Нововоронеж) и в Рамонском, Новоусманском муниципальных районах; высокий уровень убыли населения в Калачеевском, Терновском, Эртильском и других муниципальных районах, а также Борисоглебском муниципальном образовании городского типа (табл. 2).

**Таблица 2. Прирост и убыль населения по муниципальным образованиям  
(в среднем за 2016–2021 гг.)**

Показатели	Муниципальные образования (районы)
	<b>Прирост населения, %</b>
до 4,0	г. Воронеж, г. Нововоронеж, Богучарский МР
4,1–10,0	Новоусманский МР
10,1–12,5	Рамонский МР
<b>Убыль населения, %</b>	
до 2,0	Семилукский МР, Хохольский МР
2,1–4,0	Бобровский МР, Поворинский МР, Репьевский МР, Россошанский МР
4,1–6,0	Грибановский МР, Каширский МР, Лискинский МР, Нижнедевицкий МР, Новохоперский МР, Ольховатский МР, Острогожский МР, Петропавловский МР
6,1–8,0	г. Борисоглебск, Аннинский МР, Бутурлиновский МР, Верхнемамонский МР, Воробьевский МР, Каменский МР, Кантемировский МР, Павловский МР, Панинский МР, Подгоренский МР, Таловский МР, Терновский МР, Эртильский МР
Более 8,0	Калачеевский МР

Источник: рассчитано авторами по данным [12].

Прирост и убыль населения определяются показателями рождаемости и смертности. В последние годы Воронежская область по показателям смертности среди субъектов ЦЧР выглядит лучше Курской, Липецкой, Тамбовской областей, уступая Белгородской области (табл. 3).

Наиболее сложная демографическая ситуация сложилась в сельской местности, где смертность в 3–4 раза превышает рождаемость и продолжается миграционный отток молодежи в города. Так, за 2022 г. смертность в районах Воронежской области в 3 раза превысила смертность в г. Воронеже, составив соответственно 28,7 и 9,3 чел. на 1 000 жителей региона.

Таблица 3. Коэффициенты смертности в областях ЦЧР\*

Области ЦЧР	Годы								
	2000	2005	2010	2015	2017	2018	2019	2020	2021
Белгородская область	15,5	16,0	14,4	13,9	13,5	13,5	13,3	15,6	18,2
Воронежская область	17,9	18,5	17,0	15,3	14,6	14,7	14,1	16,5	20,3
Курская область	18,6	19,8	17,6	16,3	15,4	15,4	15,0	17,7	21,4
Липецкая область	16,5	17,7	16,7	15,3	14,5	14,5	14,3	17,8	21,1
Тамбовская область	19,0	19,3	17,5	16,1	15,6	15,6	15,0	17,8	20,9

Примечание: \* – число умерших на 1 000 чел. населения.

Источник: [10].

Показатели смертности населения в трудоспособном возрасте различаются по регионам ЦЧР, имея в целом тенденцию к снижению (табл. 4).

Таблица 4. Смертность населения в трудоспособном возрасте по областям ЦЧР\*

Области ЦЧР	Годы								
	2000	2005	2010	2015	2017	2018	2019	2020	2021
Белгородская область	5,8	6,2	5,0	4,7	4,2	4,2	4,2	4,7	5,1
Воронежская область	6,9	7,9	6,2	5,6	4,8	4,7	4,7	5,3	6,1
Курская область	7,5	8,8	6,8	6,1	5,4	5,4	5,4	6,0	6,5
Липецкая область	6,6	8,1	6,8	5,7	5,1	5,3	4,8	5,9	6,7
Тамбовская область	8,3	8,7	6,8	5,6	5,0	5,1	5,0	5,5	6,0

Примечание: \* – число умерших на 1 000 чел. соответствующего возраста.

Источник: рассчитано авторами по данным [10].

Уровень смертности среди мужчин трудоспособного возраста в Воронежской области почти в 5 раз превышает уровень смертности среди женщин.

Следует отметить, что целевые значения прогноза, разработанного в соответствии со Стратегией социально-экономического развития Воронежской области на долгосрочную перспективу в 2010 года, предусматривали снижение показателя смертности трудоспособного населения до 4,8 чел. на 1 000 чел. соответствующего возраста к 2020 г. [4]. Фактические данные, как свидетельствуют приведенные в таблице 4 показатели, превысили прогнозируемые значения, на что в определенной мере оказало влияние глобальная пандемия коронавируса COVID-19.

Данное обстоятельство обуславливает ситуацию, когда соотношение между женщинами и мужчинами составило 54 : 46 по всему населению Воронежской области и 53 : 47 – по сельскому населению. Показатель региона превышает аналогичные показатели по ЦФО и России в целом (табл. 5).

Таблица 5. Численность населения по полу по состоянию на 01.01.2022, тыс. чел.  
(без учета итогов Всероссийской переписи населения,  
проведенной по состоянию на 1 октября 2021 г.)

Регионы	Все население			Городское население			Сельское население		
	мужчины и женщины	мужчины	женщины	мужчины и женщины	мужчины	женщины	мужчины и женщины	мужчины	женщины
Российская Федерация	145 558	67 654	77 903	108 896	49 883	59 014	36 661	17 772	18 890
Центральный федеральный округ	39 104	18 014	21 090	32 221	14 724	17 497	6 883	3 290	3 593
Воронежская область	2 288	1 051	1 237	1 558	705	856	730	346	383

Источник: [13].

В общей численности населения доля жителей трудоспособного возраста выше среднеобластного значения только в городском округе город Воронеж (59,0%), Остро-гожском (57,2%) и Семилукском (56,9%) муниципальных районах [4].

Возрастная структура населения Воронежской области отличается от возрастной структуры населения Центрального федерального округа. Так, в области доля населения в возрасте моложе трудоспособного и трудоспособного меньше, чем по ЦФО, соответственно на 0,6 и 0,5 п.п. Доля населения старше трудоспособного возраста, наоборот, выше показателя по ЦФО на 1,1 п.п. [13].

Общая численность населения, численность населения в трудоспособном возрасте, наличие производственных и социальных объектов в стране, уровень материально-технического обеспечения, миграционные процессы, политическая ситуация в стране (в т. ч. специальная военная операция) и другие факторы определяют рынок труда, который, как следует из данных, приведенных в таблице 6, в последние годы характеризуется стабильностью.

Таблица 6. Основные показатели рынка труда России и Воронежской области

Показатели	Годы							
	2000	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021
<b>Российская Федерация</b>								
Численность населения, млн чел.	146,3	143,2	142,9	146,5	146,0	146,7	146,2	145,6
Численность рабочей силы, млн чел.	72,8	73,6	75,5	76,6	76,2	75,4	74,9	75,4
Уровень занятости населения, %	58,5	61,3	62,7	65,3	59,8	59,4	58,4	59,4
Уровень занятости населения трудоспособного возраста, %	69,9	71,1	72,7	75,9	78,2	78,3	77,0	78,0
Уровень безработицы, %	10,6	7,1	7,3	5,6	4,8	4,6	5,8	4,8
Среднегодовая численность занятых, млн чел.	64,5	66,7	71,5	72,4	71,6	71,1	69,6	70,8
Среднемесячная номинальная оплата труда, руб.	2 223	8 555	20 952	34 030	43 724	47 867	51 344	57 244
<b>Воронежская область</b>								
Численность населения, млн чел.	2,422	2,361	2,335	2,334	2,328	2,324	2,306	2,288
Численность рабочей силы, млн чел.	1,171	1,154	1,152	1,162	1,185	1,182	1,172	1,183
Уровень занятости населения, %	56,8	58,2	58,4	62,5	57,3	57,3	56,7	57,6
Уровень занятости населения трудоспособного возраста, %	70,4	67,7	69,7	74,3	77,7	78,0	75,9	75,9
Уровень безработицы, %	10,1	7,6	7,5	4,5	3,7	3,6	4,3	3,8
Среднегодовая численность занятых, млн чел.	1,091	1,055	1,159	1,093	1,110	1,106	1,088	1,113
Среднемесячная номинальная оплата труда, руб.	1 376	5 382	14 337	24 906	31 207	33 690	36 317	40 830

Источник: [8].

В Воронежской области в последние анализируемые годы увеличилась численность безработных, превысив среднероссийский показатель. Среднемесячная номинальная оплата труда в регионе существенно ниже показателей по стране как в абсолютном выражении, так и по темпам роста: по России отношение значения этого показателя в 2021 г. к 2015 г. составляло 168%, по Воронежской области – 164%.

В последние годы меняется структура занятых по отраслям экономики. Если в 2000 г. занятые в сельском и лесном хозяйстве Воронежской области составляли почти 25%, то к концу 2000-х данный показатель снизился до 16% и к 2021 г. – до 11,4%. Данная тенденция характерна как для России в целом, так и для Центрального федерального округа (табл. 7).

**Таблица 7. Численность и удельный вес занятых в сельском и лесном хозяйстве от общей численности работающих**

Показатели	Годы							
	2000	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021
<b>Российская Федерация</b>								
Среднегодовая численность, тыс. чел.	9134,4	7519,5	6049,0	5507,3	4936,6	4781,0	4553,6	4490,6
Удельный вес, %	11,3	11,3	8,5	7,6	6,9	6,7	6,5	6,3
<b>Центральный федеральный округ</b>								
Среднегодовая численность, тыс. чел.	1997,8	1512,9	1198,5	1012,5	937,3	911,7	881,7	863,1
Удельный вес, %	11,3	8,2	5,8	4,8	4,4	4,3	4,2	4,1
<b>Воронежская область</b>								
Среднегодовая численность, тыс. чел.	267,9	191,3	205,8	143,3	147,5	135,8	130,5	127,3
Удельный вес, %	24,6	18,1	17,8	13,1	13,3	12,3	12,0	11,4

Источник: [6, 7, 8, 9].

Наблюдается снижение как удельного веса занятых в сельском хозяйстве, так и их абсолютной численности. Воронежская область относится к аграрному региону, что предопределяет более высокий удельный вес трудоспособных в аграрной сфере (почти в 2 раза). Снижение численности трудоспособного населения в сельском хозяйстве ведет к росту численности его в г. Воронеже и населенных пунктах городского типа. Проведенный анализ свидетельствует о повышении удельного веса городского населения над сельским: если в 2007 г. в общей численности населения удельный вес городских жителей находился на отметке 62%, то в 2021 г. – уже превысил 68%. В 2023 г. городское население составляло 1565,8 тыс. чел. (68,5%), население в сельской местности – 719,5 тыс. чел. (31,5%) (табл. 8).

Коэффициент демографической нагрузки в сельской местности выше, чем в городской (на начало 2022 г. – 831 и 735 нетрудоспособных жителей на 1000 человек трудоспособного возраста) [13]. Самые высокие показатели демографической нагрузки на население трудоспособного возраста отмечены в Аннинском (988), Петропавловском и Эртильском (по 952) муниципальных районах [3].

Одним из следствий ускоренного развития крупного производства стало существенное снижение в критически короткий срок аграрной занятости, что увеличило риски сельской безработицы и бедности. Удельный вес занятых в сельском, лесном хозяйстве, охоте, рыболовстве и рыбоводстве во всех субъектах Российской Федерации сократился с 11,3% в 2005 г. до 6,5% в 2020 г. (более чем в 1,7 раза). Воронежская область в 2020 г. вошла в группу субъектов с показателем от 8,1 до 12,0% (12,0%). По соотношению доли занятых в сельском, лесном хозяйстве, охоте, рыболовстве и рыбоводстве в 2020 г. к ана-



логичному показателю 2005 г. Воронежская область находилась в группе 60,1–70% (66,3%) [5]. В этом контексте для сравнения можно привести высокие показатели Чеченской Республики и Республики Ингушетия – соответственно 128,5 и 137,1%.

**Таблица 8. Численность городского и сельского населения Воронежской области (по состоянию на 1 января)**

Годы	Общая численность населения, тыс. чел.	Городское население, тыс. чел.	Сельское население, тыс. чел.	Доля сельского населения, %
2000	2441,3	1499,9	941,4	38,6
2001	2422,4	1491,7	930,7	38,4
2002	2397,1	1481,2	915,9	38,2
2003	2374,5	1471,1	903,3	38,0
2004	2367,5	1468,7	898,7	38,0
2005	2364,9	1465,1	899,8	38,0
2006	2360,9	1460,1	900,8	38,2
2007	2353,8	1452,4	901,4	38,3
2008	2344,4	1447,6	896,8	38,3
2009	2339,0	1449,6	889,4	38,0
2010	2334,9	1450,9	884,0	37,9
2011	2334,8	1529,9	804,9	34,5
2012	2331,5	1536,9	794,6	34,1
2013	2330,4	1545,0	785,4	33,7
2014	2329,0	1552,9	776,0	33,3
2015	2331,1	1559,9	771,2	33,1
2016	2333,5	1566,9	766,6	32,9
2017	2335,4	1572,5	763,0	32,7
2018	2333,8	1576,4	757,4	32,5
2019	2327,8	1578,6	749,2	32,2
2020	2324,2	1579,4	744,8	32,0
2021	2305,6	1567,0	738,6	32,0
2022	2287,7	1558,1	729,6	31,9
2023	2285,3	1565,8	719,5	31,5

Источник: [2, 12].

Анализ трудовых ресурсов в сельскохозяйственных организациях Воронежской области позволил сделать вывод об их сокращении за последние годы (табл. 9).

**Таблица 9. Численность работников в сельхозорганизациях Воронежской области**

Категории работников	Годы									
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Всего	42 822	40 441	40 436	40 786	39 966	41 931	41 058	37 530	36 115	36 722
в том числе: работники, занятые в сельскохозяйственном производстве – всего	38 978	37 061	36 527	36 892	36 604	38 024	36 359	33 817	33 195	33 815
в том числе: рабочие постоянные	27 100	25 970	26 186	26 703	26 573	27 293	26 460	24 624	24 147	24 472
из них: трактористы-машинисты	6 851	6 889	6 584	6 849	6 613	6 831	6 843	6 470	6 314	6 420
операторы машинного доения	2 470	2 287	2 267	2 277	2 196	2 213	2 097	1 915	1 784	1 675
руководители	2 525	2 298	2 273	2 255	2 161	2 146	2 343	2 218	2 053	2 262
специалисты	5 519	5 418	5 140	5 009	5 389	6 072	5 411	5 084	5 335	5 328

Источник: рассчитано авторами по данным годовых отчетов сельхозпредприятий Воронежской области.

Общая численность работников сельскохозяйственных организаций за последние годы сократилась на 14%, максимальные показатели отмечены по таким работникам, как операторы машинного доения – на 32%, на 10 и 3% соответственно уменьшилось количество руководителей и специалистов как следствие прекращения деятельности и закрытия сельскохозяйственных предприятий и организаций: в 2010 г. в Воронежской области было 2 751, а в 2022 г. – 1 232 организации, относящиеся к сфере сельского, лесного хозяйства, рыболовства и рыбоводства [1, 2].

Анализируя численность работников аграрной отрасли, необходимо принимать во внимание тот факт, что в последние годы в данной сфере, наряду с сельским населением, работают трудоспособные граждане, проживающие в том числе и в крупных городах. Это обусловлено тем, что офисы и некоторые структурные подразделения крупных интегрированных объединений и холдинговых компаний располагаются в городах или районных центрах. Так, из 7 млн чел., занятых в аграрной сфере в России, более 1 млн (16%) – это работники, проживающие в городах [11]. К примеру, в городе Воронеже находятся офисы таких аграрных объединений, как ООО «ЭкоНива-холдинг», ООО «АгроТех-Гарант», ООО «Агросвет» и др., в которых работают преимущественно жители г. Воронежа, имея, как правило, соответствующее профильное образование (большинство являются выпускниками Воронежского государственного аграрного университета).

Заработная плата работников сельского хозяйства Воронежской области не превышает среднеобластных значений, что не делает более престижным труд в данной отрасли (табл. 10).

**Таблица 10. Среднемесячная заработная плата работников сельскохозяйственных предприятий Воронежской области, руб.**

Категории работников	Годы									
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Всего	16 469	18 197	20 999	23 697	25 759	28 361	31 589	35 396	40 863	47 438
в том числе: работники, занятые в сельскохозяйственном производстве – всего	16 445	18 179	20 823	23 629	25 794	28 420	31 809	35 359	41 075	47 764
в том числе: рабочие постоянные	15 468	17 246	19 295	21 966	23 921	26 363	29 257	32 864	38 830	44 182
из них: трактористы-машинисты	18 656	19 906	23 340	28 084	28 834	32 237	36 302	41 808	47 921	55 506
операторы машинного доения	15 370	17 067	19 775	21 808	23 890	25 897	29 524	32 320	35 888	42 160
Руководители	31 061	32 129	37 873	45 730	49 809	52 901	60 070	64 953	73 371	89 225
Специалисты	19 159	19 112	22 757	25 246	28 511	31 495	34 606	37 626	42 576	51 293

Источник: рассчитано авторами по данным годовых отчетов сельхозпредприятий Воронежской области.

Из данных, приведенных в таблице 10, видно, что среднемесячная заработная плата работников сельскохозяйственных предприятий была ниже, чем в среднем по всем секторам региона: в 2015 г. – на 16%, в 2020 г. – на 3%. При этом следует отметить сокращение разрыва в 2020 г. с 6–16% за 2015–2019 гг. до 3% в 2020 г. и до 0,1% в 2021 г.

Воспроизводство трудовых ресурсов, в том числе в сельской местности, во многом определяется доходами населения, в частности оплатой труда работников организаций [14]. Несмотря на улучшение социально-бытовых условий жителей сельских территорий, молодые специалисты после обучения в крупных городах не всегда возвращаются работать на село. Оплата труда по категориям работников в сельском хозяйстве Воронежской области значительно отличается (табл. 11).

**Таблица 11. Соотношение заработной платы по категориям работников к средней по сельскому хозяйству, %**

Категории работников	Годы									
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Всего	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
в том числе: работники, занятые в сельскохозяйственном производстве – всего	99,9	99,9	99,2	99,7	100,1	100,2	100,7	99,9	100,5	100,7
в том числе: рабочие постоянные	93,9	94,8	91,9	92,7	92,9	93,0	92,6	92,8	95,0	93,1
из них: трактористы-машинисты	113,3	109,4	111,1	118,5	111,9	113,7	114,9	118,1	117,3	117,0
операторы машинного доения	93,3	93,8	94,2	92,0	92,7	91,3	93,5	91,3	87,8	88,9
Руководители	188,6	176,6	180,4	193,0	193,4	186,5	190,2	183,5	179,6	188,1
Специалисты	116,3	105,0	108,4	106,5	110,7	111,1	109,6	106,3	104,2	108,1

Источник: рассчитано авторами по данным годовых отчетов сельхозпредприятий Воронежской области.

Превышение заработной платы средней по сельскому хозяйству наблюдается по такой категории работников, как трактористы-машинисты:

- в 2013 г. – на 13%;
- в 2015 г. – на 11%;
- в 2021–2022 гг. – на 17%.

За период с 2019 по 2022 г. можно отметить превышение заработной платы трактористов-машинистов и величины заработной платы в среднем по всему народному хозяйству региона, что делает труд данных работников более престижным.

Проведенный анализ позволил сделать следующие выводы:

- имеет место тенденция сокращения и общей численности населения, и трудоспособного населения в целом по Российской Федерации, ЦФО и Воронежской области в частности;

- в связи с закрытием значительного числа сельскохозяйственных организаций, приобретением функционирующими СХО современной высокопроизводительной техники, а также в связи с ликвидацией отрасли животноводства как вида деятельности во многих СХО сокращается численность работников предприятий, особенно работников отрасли животноводства;

- наблюдается рост оплаты труда в отраслях сельского хозяйства, сокращается разрыв между оплатой труда в целом по Воронежской области и между основных категорий работников сельскохозяйственных предприятий.

Таким образом, можно отметить, что в настоящее время сельскохозяйственное производство Воронежской области в принципе не испытывает недостатка трудовых ресурсов. Однако имеются проблемы, связанные с возрастным составом работников сельскохозяйственных предприятий, и на перспективу следует иметь в виду, нежелание выпускников вузов возвращаться в сельскую местность.

Для сглаживания негативных тенденций необходимо решать вопросы не только повышения заработной платы (по которым в настоящее время наметились позитивные изменения), но и комплексного развития сельских территорий (жилищное строительство, предоставление квартир или беспроцентных ссуд на строительство собственного жилого дома, наличие в населенных пунктах детских садов, школ, культурно-досуговых учреждений и др.).

#### Список источников

1. Воронежский статистический ежегодник. 2022: Статистический сборник. Воронеж: Воронежстат, 2022. 288 с.
2. Меделяева З.П., Жарковская И.Г. Показатели и тенденции развития Воронежской области // Управление инновационным развитием агропродовольственных систем на национальном и региональном уровнях: материалы международной научно-практической конференции (Воронеж, 13–14 июня 2019 г.): в 2 ч. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2019. Ч. 1. С. 36–40.
3. О возрастном-половом составе населения Воронежской области в 2021 году [Электронный ресурс] // Официальный сайт Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Воронежской области. URL: <https://36.rosstat.gov.ru/news/document/185077> (дата обращения: 15.12.2022).
4. О стратегии социально-экономического развития Воронежской области на период до 2020 года: закон Воронежской области от 30 июня 2010 г. № 65-ОЗ [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/460176192> (дата обращения: 16.12.2022).
5. Петриков А.В. Приоритеты и механизмы развития сельского хозяйства в России и ее регионах в новой реальности // Федерализм. 2022. Т. 27, №2 (106). С. 122–142. DOI: 10.21686/2073-1051-2022-2-122-142.
6. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2006: Статистический сборник. Москва: Росстат, 2007. 981 с.
7. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2020: Статистический сборник. Москва: Росстат, 2020. 1242 с.
8. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2021: Статистический сборник. Москва: Росстат, 2021. 1112 с.
9. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2022: Статистический сборник. Москва: Росстат, 2022. 1122 с.
10. Социально-экономические показатели по субъектам Российской Федерации. 2022: Приложение к сборнику «Регионы России. Социально-экономические показатели» [Электронный ресурс] // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики (Росстат). URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/47652> (дата обращения: 10.12.2022).
11. Тихонова Т., Шик О. Альтернативная занятость в сельской местности России. Москва: Институт экономики переходного периода (ИЭПП), 2008. 224 с.
12. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Статистическая отчетность. Оперативные показатели [Электронный ресурс] // Официальный сайт. URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 26.11.2022).
13. Численность населения Российской Федерации по полу и возрасту на 1 января 2022 года (Статистический бюллетень) [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики (Росстат). 2022. 443 с. URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Bul\\_chislen\\_nasel-pv\\_01-01-2022.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Bul_chislen_nasel-pv_01-01-2022.pdf) (дата обращения: 22.01.2023).
14. Югов Е.А. Проблемы воспроизводства трудовых ресурсов сельской местности // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 4. С. 191–197.

#### References

1. Voronezhskij statisticheskiy ezhegodnik. 2022: Statisticheskij sbornik [Voronezh Statistical Yearbook. 2022: Statistical digest]. Voronezh: Voronezhstat, 2022. 288 p. (In Russ.).

2. Medelyaeva Z.P., Zharkovskaya I.G. Pokazateli i tendentsii razvitiya Voronezhskoj oblasti [The indicators and tendencies of development of Voronezh Oblast]. Upravlenie innovatsionnym razvitiem agroproduktivnykh sistem na natsional'nom i regional'nom urovnyakh: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii (Voronezh, 13–14 iyunya 2019 g.): v 2 ch. [Management of innovative development of agri-food systems at the national and regional levels: Proceedings of the International Research-to-Practice Conference (Voronezh, June 13-14, 2019): in 2 parts]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2019. Part 1. Pp. 36-40. (In Russ.).
3. O vozrastno-polovom sostave naseleniya Voronezhskoj oblasti v 2021 godu [Concerning the age and sex composition of the population of Voronezh Oblast in 2021]. Ofitsial'nyj sayt Territorial'nogo organa Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Voronezhskoj oblasti [Official website of the Territorial Body of the Federal State Statistics Service for Voronezh Oblast]. URL: <https://36.rosstat.gov.ru/news/document/185077>. (In Russ.).
4. O strategii sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Voronezhskoj oblasti na period do 2020 goda: zakon Voronezhskoj oblasti ot 30 iyunya 2010 g. № 65-OZ [On the strategy of socio-economic development of Voronezh Oblast for the period up to 2020: Law of Voronezh Oblast of June 30, 2010 No. 65-OZ]. Elektronnyj fond pravovykh i normativno-tekhnicheskikh dokumentov [Electronic fund of legal and regulatory documents]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/460176192>. (In Russ.).
5. Petrikov A.V. Prioritety i mekhanizmy razvitiya sel'skogo khozyajstva v Rossii i ee regionakh v novoj real'nosti [Priorities and mechanisms of agricultural development in Russia and its regions in the new reality]. *Federalism = Federalism*. 2022;27(2):122-142. DOI: 10.21686/2073-1051-2022-2-122-142. (In Russ.).
6. Regiony Rossii. Sotsial'no-ekonomicheskie pokazateli. 2006: Statisticheskij sbornik [Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2006: Statistical digest]. Moscow: Rosstat; 2007. 981 p. (In Russ.).
7. Regiony Rossii. Sotsial'no-ekonomicheskie pokazateli. 2020: Statisticheskij sbornik [Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2020: Statistical digest]. Moscow: Rosstat; 2020. 1242 p. (In Russ.).
8. Regiony Rossii. Sotsial'no-ekonomicheskie pokazateli. 2021: Statisticheskij sbornik [Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2021: Statistical digest]. Moscow: Rosstat; 2021. 1112 p. (In Russ.).
9. Regiony Rossii. Sotsial'no-ekonomicheskie pokazateli. 2022: Statisticheskij sbornik [Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2022: Statistical digest]. Moscow: Rosstat; 2022. 1122 p. (In Russ.).
10. Sotsial'no-ekonomicheskie pokazateli po sub'ektam Rossijskoj Federatsii. 2022: Prilozhenie k sborniku "Regiony Rossii. Sotsial'no-ekonomicheskie pokazateli" [Socio-economic indicators for the subjects of the Russian Federation. 2022: Appendix to "Regions of Russia. Socio-economic indicators"]. Ofitsial'nyj sayt Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki (Rosstat) [Official website of the Federal State Statistics Service (Rosstat)]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/47652>. (In Russ.).
11. Tikhonova T., Shik O. Al'ternativnaya zanyatost' v sel'skoj mestnosti Rossii [Alternative employment in rural areas of Russia]. Moscow: Institute of the Economics of Transition Press; 2008. 224 p. (In Russ.).
12. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki (Rosstat). Statisticheskaya otchetnost'. Operativnye pokazateli [Federal State Statistics Service (Rosstat). State Statistical Reporting. Operational Data]. Ofitsial'nyj sayt [Official website]. URL: <https://rosstat.gov.ru>. (In Russ.).
13. Chislennost' naseleniya Rossijskoj Federatsii po polu i vozrastu na 1 yanvarya 2022 goda (Statisticheskij byulleten') [The population of the Russian Federation by gender and age as of January 1, 2022 (Statistical Bulletin)]. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki (Rosstat) [Federal State Statistics Service (Rosstat)]. 2022. 443 p. URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Bul\\_chislen\\_nasel-pv\\_01-01-2022.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Bul_chislen_nasel-pv_01-01-2022.pdf). (In Russ.).
14. Yugov E.A. Problemy vosproizvodstva trudovykh resursov sel'skoj mestnosti [Problems of reproduction of labor resources of rural areas]. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skoxozyajstvennoj akademii = Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2018;4:191-197. (In Russ.).

### Информация об авторах

З.П. Меделяева – доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой экономики АПК ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [medelaeva@mail.ru](mailto:medelaeva@mail.ru).

Н.П. Шилова – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики АПК ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [shilova\\_np@mail.ru](mailto:shilova_np@mail.ru).

### Information about the authors

Z.P. Medelyaeva, Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the Dept. of Economics of the Agro-Industrial Complex, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [medelaeva@mail.ru](mailto:medelaeva@mail.ru).

N.P. Shilova, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Economics of the Agro-Industrial Complex, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [shilova\\_np@mail.ru](mailto:shilova_np@mail.ru).

Статья поступила в редакцию 20.03.2023; одобрена после рецензирования 22.04.2023; принята к публикации 26.04.2023.

The article was submitted 20.03.2023; approved after reviewing 22.04.2023; accepted for publication 26.04.2023.

© Меделяева З.П., Шилова Н.П., 2023

### 5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА (ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 338.43

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2023\_2\_218

EDN: PJDAOE

#### Анализ эффективности реализации молока на внутреннем и внешнем продовольственном рынках

Вера Сергеевна Конкина<sup>1✉</sup>

<sup>1</sup>Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева,  
Рязань, Россия

<sup>1</sup>konkina\_v@mail.ru<sup>✉</sup>

**Аннотация.** Молочное скотоводство является ведущей отраслью животноводства, приоритетной задачей которой является обеспечение жителей страны молоком и молочными продуктами. В то же время молочное скотоводство представляет собой наиболее проблемную отрасль сельскохозяйственного производства, от состояния которой зависит улучшение функционирования молокоперерабатывающей промышленности по насыщению рынка молоком и молочными продуктами в определенном количестве, качестве и ассортименте. Особыми регуляторами развития этой отрасли выступают российский и мировой рынки молока и молочных продуктов, поэтому в научном плане актуальным является сравнительный анализ эффективности реализации молока на внутреннем и внешнем продовольственном рынках. Рассмотрена современная ситуация на молочном продовольственном рынке с точки зрения внутреннего и внешнего производства и потребления. Выявлены трансформационные процессы по перемещению молочной продукции с внутреннего на внешние рынки сбыта. Эти изменения обусловлены оказанием государством финансовой и информационной поддержки экспортерам продукции, в том числе сельскохозяйственной. Представлены результаты сравнительного анализа эффективности сбытовых операций, формирующихся под влиянием агропродовольственной политики Министерства сельского хозяйства и Правительства РФ, факторов развития молочной отрасли, внешнеэкономических операций и государственной поддержки. Ретроспективная оценка сбытовых операций предполагала расчет удельных показателей эффективности. Показана убыточность внешнеторговых сбытовых операций для всех экономических субъектов: и государства, и производителей. Установлено, что за 2019–2021 гг. убытки производителей достигали 2 000 руб. на 1 ц экспортного молока, а потери бюджета – 400–450 руб. Определены причины низкой эффективности экспортных операций, основными из которых являются неблагоприятная ценовая конъюнктура рынка российской продукции, дифференциация экспорта и импорта, нестабильный курс национальной валюты, поэтому на федеральном и региональном уровнях управления целесообразно принятие комплекса организационно-экономических мер по защите интересов отечественных потребителей и производителей молока.

**Ключевые слова:** молочная отрасль, молоко, сбыт, экспорт молока, внутреннее потребление, продовольственный рынок, эффективность

**Для цитирования:** Конкина В.С. Анализ эффективности реализации молока на внутреннем и внешнем продовольственном рынках // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 2(77). С. 218–227. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_218-227](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_218-227).

### 5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS (ECONOMIC SCIENCES)

Original article

#### Cost-effectiveness analysis of domestic and international sales of milk in the food markets

Vera S. Konkina<sup>1✉</sup>

<sup>1</sup>Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

<sup>1</sup>konkina\_v@mail.ru<sup>✉</sup>

**Abstract.** Milk cattle breeding is the leading branch of animal husbandry, the priority task of which is to provide the inhabitants of the country with milk and dairy products. At the same time, milk cattle breeding is the most problematic branch of agriculture, on the performance of which the improvement of the functioning of the dairy processing industry depends in terms of the market saturation with milk and dairy products in a certain quantity, quality and assortment. The Russian and world markets of milk and dairy products are considered to be special regulators of the development of the industry under discussion. Therefore in terms of scientific substantiation a comparative analysis of the effectiveness of milk sales in the domestic and foreign food markets is relevant. The author discussed current situation in the dairy food market from the point of view of internal and external production and consumption; identified transformation processes for the transfer of dairy products from domestic

to foreign marketing outlets; outlined that these changes were due to state financial and informational support to exporters of products, including agricultural products; presented the findings of a comparative analysis of the effectiveness of sales operations formed under the influence of the agri-food policy of the Ministry of Agriculture and the Government of the Russian Federation, factors of development of the milk industry, foreign economic operations and state support. The retrospective evaluation of sales operations assumed the calculation of specific performance indicators. The unprofitability of foreign trade sales operations for all economic entities is shown: both the state and producers. It was found that in 2019-2021, the losses of producers reached 2 000 rubles per 1 cwt of export milk, and budget losses was 400-450 rubles. The reasons for the low efficiency of export operations have been identified, the main of which are unfavorable pricing environment of the Russian market, differentiation of exports and imports, unstable exchange rate of the national currency. Therefore, it is advisable at the federal and regional management levels to adopt a set of organizational and economic measures to protect the interests of domestic consumers and milk producers.

**Keywords:** dairy industry, milk, commodity marketing, export, domestic consumption, food market, efficiency

**For citation:** Konkina V.S. Cost-effectiveness analysis of domestic and international sales of milk in the food markets. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(2):218-227. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_218-227](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_218-227).

**М**олочное скотоводство считается ведущей отраслью животноводства, приоритетной задачей которой является обеспечение жителей страны молоком и молочными продуктами. В то же время молочное скотоводство представляет собой наиболее проблемную отрасль сельскохозяйственного производства, от состояния которой зависит улучшение деятельности молокоперерабатывающей промышленности по насыщению рынка молоком и молочными продуктами в определенном количестве, качестве и ассортименте. Состояние молочного рынка России по насыщенности товарами, по структуре производства определяется объемами производства сырого и товарного молока, а также молочной продукции как продукта его переработки. Кроме того, на состояние молочного рынка влияют объемы и структура экспорта и импорта молочной продукции, характер спроса на нее.

Современная экономическая ситуация и применяемые методы управления молочным скотоводством не всегда обеспечивают повышение эффективности его функционирования и конкурентоспособности продукции. Особыми регуляторами развития этой отрасли выступают российский и мировой рынки молока и молочных продуктов, поэтому в научном плане актуальным является сравнительный анализ эффективности реализации молока на внутреннем и внешнем продовольственном рынках.

Информационной базой для ретроспективного анализа и оценки текущего состояния отрасли молочного скотоводства послужили официальные данные Федеральной службы государственной статистики (Росстат), в том числе Единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС), а также Федеральной таможенной службы России (ФТС).

В настоящее время молочный рынок России характеризуется повышенной степенью импортозависимости, поскольку отечественное производство сырого и товарного молока лишь на 80% удовлетворяет внутренние потребности страны, а это на 10% ниже нормы продовольственной независимости, установленной в Доктрине продовольственной безопасности [3]. В то же время по ряду молочных продуктов (масло сливочное, сухое молоко) степень удовлетворения внутренней потребности страны еще ниже (например, по сливочному маслу всего 50%). Однако за последнее десятилетие экспортный потенциал России вырос, причем не за счет снижения насыщенности рынка молочных продуктов, а за счет наращивания их производства и реэкспорта. Отсюда следует вывод, что и экспорт, и импорт молочной продукции существенно влияют на степень насыщенности молочного рынка.

Осложнение внешнеполитической ситуации к 2022 г. существенно сократило внешние поставки молочной продукции из стран дальнего зарубежья. Сокращение импорта сливочного масла из Новой Зеландии способствовало росту внутреннего производства масла и сухого обезжиренного молока (СОМ), повысив спрос на сырое молоко.

Укрепление рубля не оказало положительного влияния на импорт в связи с удорожанием логистики, увеличением транзакционных издержек, возникших сложностей с валютными расчетами, а также усиления санкционного давления на поставщиков.

В этот период поставки молочной продукции из Белоруссии соответствовали уровню 2019–2021 гг. При этом импорт сухого цельного молока (СЦМ), сыворотки, сливочного масла и сыров превысил плановые показатели Прогнозного баланса спроса и предложения. Импортные поставки питьевого молока и сливок, СОМ и СЦМ были на минимально низком уровне за всю современную историю. Сыворотка в перечне молочных продуктов осталась единственным наименованием с растущим импортом в связи с увеличением поставок в Россию из Республики Беларусь на фоне сокращения экспорта в страны дальнего зарубежья [7].

Тренд растущих экспортных поставок в 2022 г. прервался под влиянием резкого снижения конкурентоспособности российской продукции из-за девальвации рубля, а также осложнения внешнеполитической ситуации. Доля стран дальнего зарубежья в структуре экспорта сократилась с 14 до 12%. Сокращение экспорта отмечено по всем категориям молочной продукции, кроме сухого и сгущенного молока и сырных продуктов с заменителями молочного жира (ЗМЖ). Украина, США и Китай возглавили антирейтинг по отказу от экспорта российской молочной продукции. Экспорт СЦМ в Китай увеличился в 2,7 раза – до 0,39 тыс. т, сухой сыворотки – на 61% – до 1,8 тыс. т. Китай стал лидером по покупке российского сухого цельного молока [7].

В данном контексте следует отметить упрощение требований к инвестиционным проектам, реализуемым с государственной поддержкой: возможность одновременного привлечения льготных кредитов и получения возмещения 25% капитальных расходов (CAPEX) при реализации проектов по производству сухих молочных продуктов, ослабление требований к объему экспорта продукции, возможность пролонгации принятых обязательств.

Молочная отрасль в последние годы демонстрирует устойчивый рост: 2021 г. ознаменовался рекордным объемом производства продукции – 32,3 млн т молока, что на 2,6% превысило показатель 2010 г. (рис. 1).

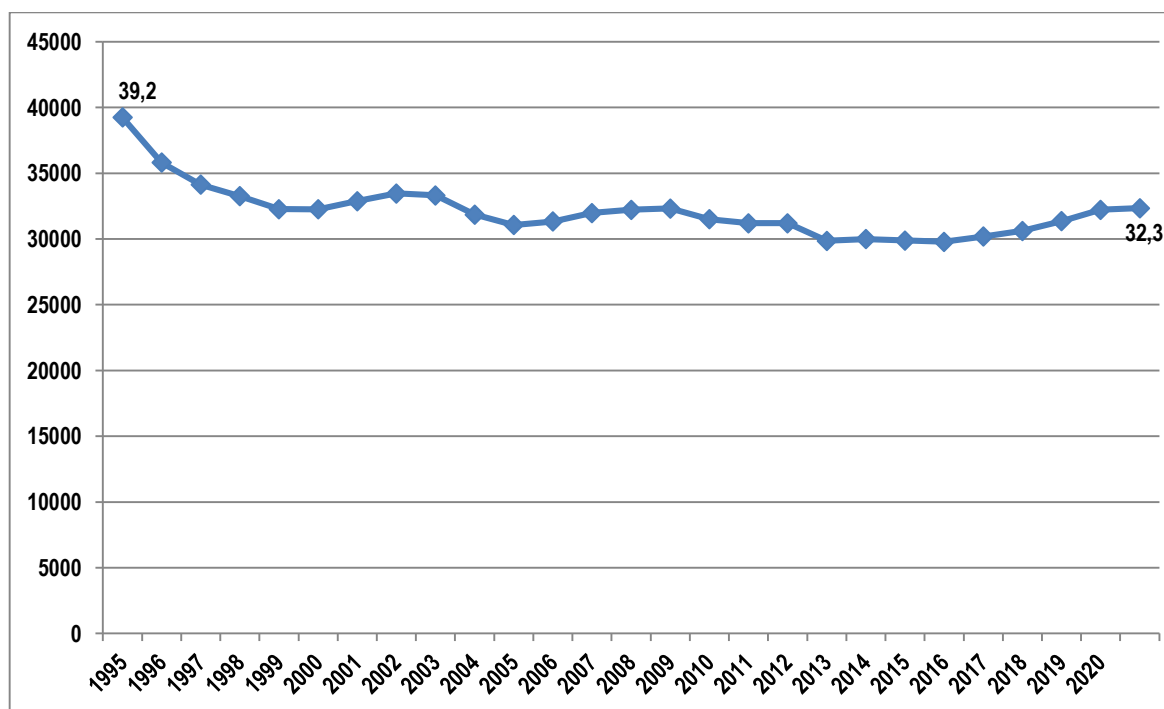


Рис. 1. Динамика производства молока в РФ в 1995–2021 гг., млн т

Источник: [9].



Однако существующие масштабы отрасли не покрывают текущую потребность в молоке. Согласно установленной медицинской норме [8], потребление молока должно быть на уровне 325 кг на душу населения в год. Как следует из данных, приведенных на рисунке 2, фактическое потребление отстает от нормы практически на 100 кг (рис. 2).

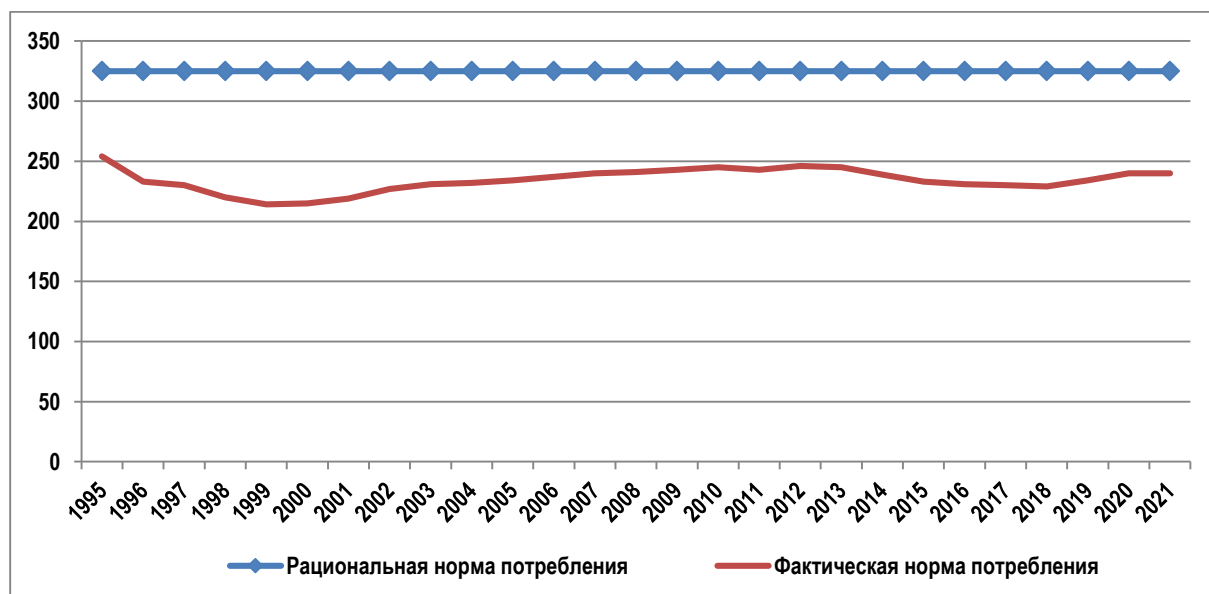


Рис. 2. Рекомендованная и фактическая норма потребления молока на душу населения в год в РФ, кг

Источник: [4, 8].

Общий объем потребления молока в России в 2021 г. вырос на 10% (+2,5 млн т) и составил 27,5 млн т [4]. Более углубленный анализ данных потребления молока и молочных продуктов в России (по дифференциации доходов и потребления населения по децильным группам) свидетельствует о весьма низких фактических показателях (рис. 3).

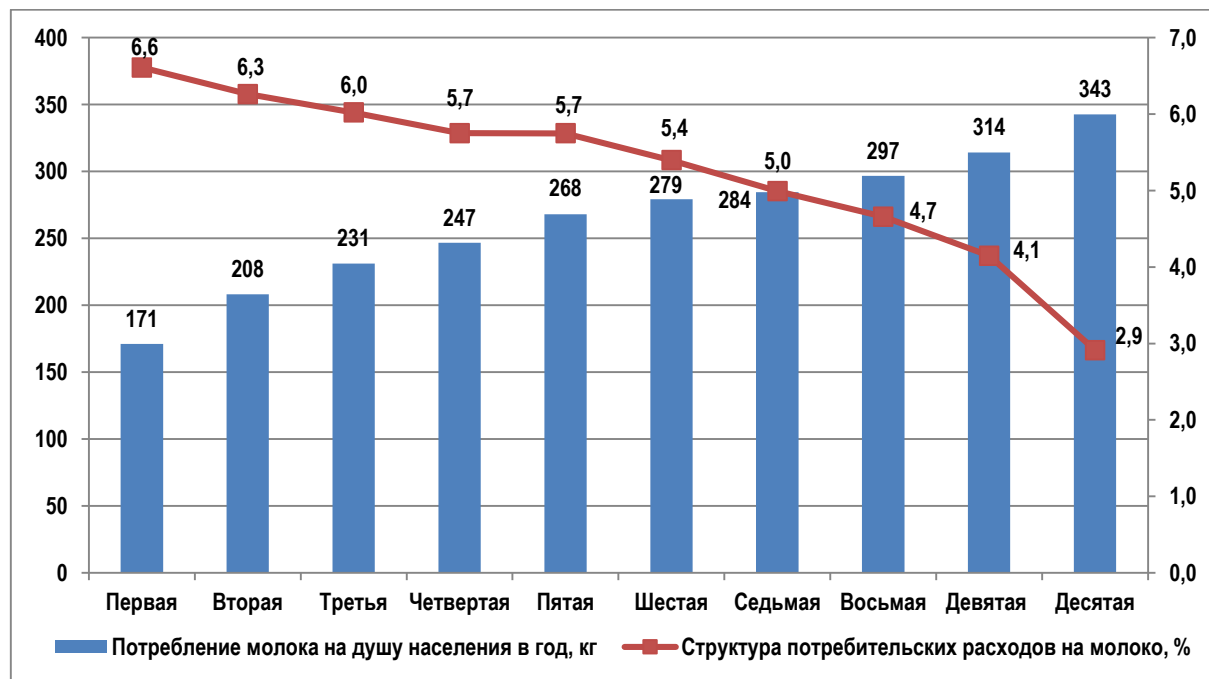


Рис. 3. Потребление молока и молочных продуктов (левая шкала) на члена домохозяйств (кг/чел.) и доля расходов на его покупку в расходах на питание (правая шкала) по 10% группам населения в зависимости от уровня доходов (%), 2021 г.

Источник: [5, 6].

Россияне первой децильной группы потребляют всего 171 кг молока и тратят на эти цели почти 7% своего бюджета, в то время как представители десятой децильной группы, потребляя 343 кг молока (на 18 кг больше нормы), расходуют всего 2,9% своего бюджета на приобретение молока и молочных продуктов.

Вместе с тем Министерство сельского хозяйства и Правительство РФ целенаправленно реализует агропродовольственную политику, направленную на наращивание экспорта (рис. 4).

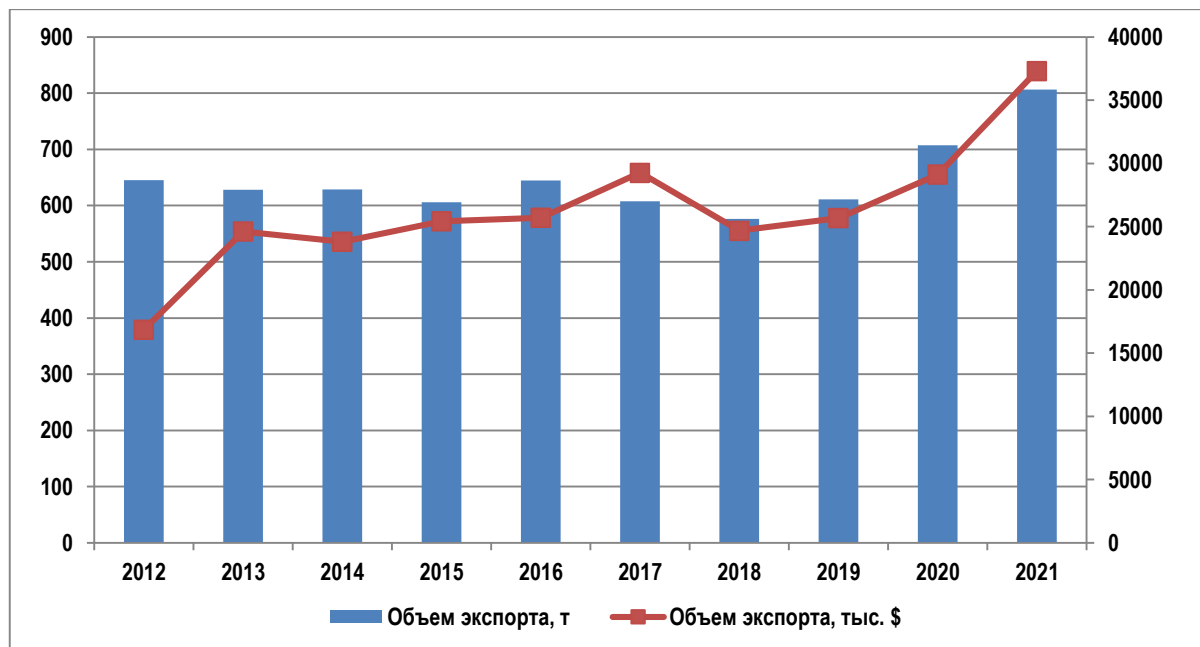


Рис. 4. Динамика объема экспорта молока в РФ в натуральном (левая шкала) и стоимостном выражении (правая шкала)

Источник: [1, 9].

Представленная статистика демонстрирует относительно стабильный объем экспорта до 2019 г. как в абсолютном, так и в физическом выражении. В 2020 г. ситуация существенно изменилась. Этот год ознаменовался одномоментным ростом внешнеэкономических операций на молочном рынке на 96,2 тыс. т, или в абсолютном выражении на 4748,9 тыс. долл. За период 2019–2021 гг. экспорт в натуральном выражении вырос на 32% и достиг своего абсолютного максимума – 806,2 тыс. т. Такой рост обусловлен оказываемой государственной поддержкой отрасли (государственные гарантии, субсидирование экспортных кредитов, информационная поддержка в сети Интернет, работа зарубежных представительств и др.). Совокупный объем поддержки аграрных экспортеров в 2020 г. составил 90,95 млрд руб., в 2021 г. – 130,2 млрд руб., в 2022 г. – 156 млрд руб. [2].

Эффективность наращивания внешнеэкономических операций обосновывается следующими принципами:

- 1) экспорт обеспечивает более высокую маржу;
- 2) экспорт продукции с высокой добавленной стоимостью выгоднее, чем реализация необработанной («сырой») продукции.

Вместе с тем эти утверждения не всегда оказываются верными. Наращивание внешнеторгового присутствия следует начинать после комплексного экономического обоснования, а также учета внутренних потребностей общества в обеспечении необходимой продукцией.

В 2021 г. все производимое молоко распределялось следующим образом: 85,3% продавалось населению, около 2,0% направлялось на экспорт. Доля внутреннего потребления из года в год увеличивалась, и только в 2020 г. ситуация скорректировалась.

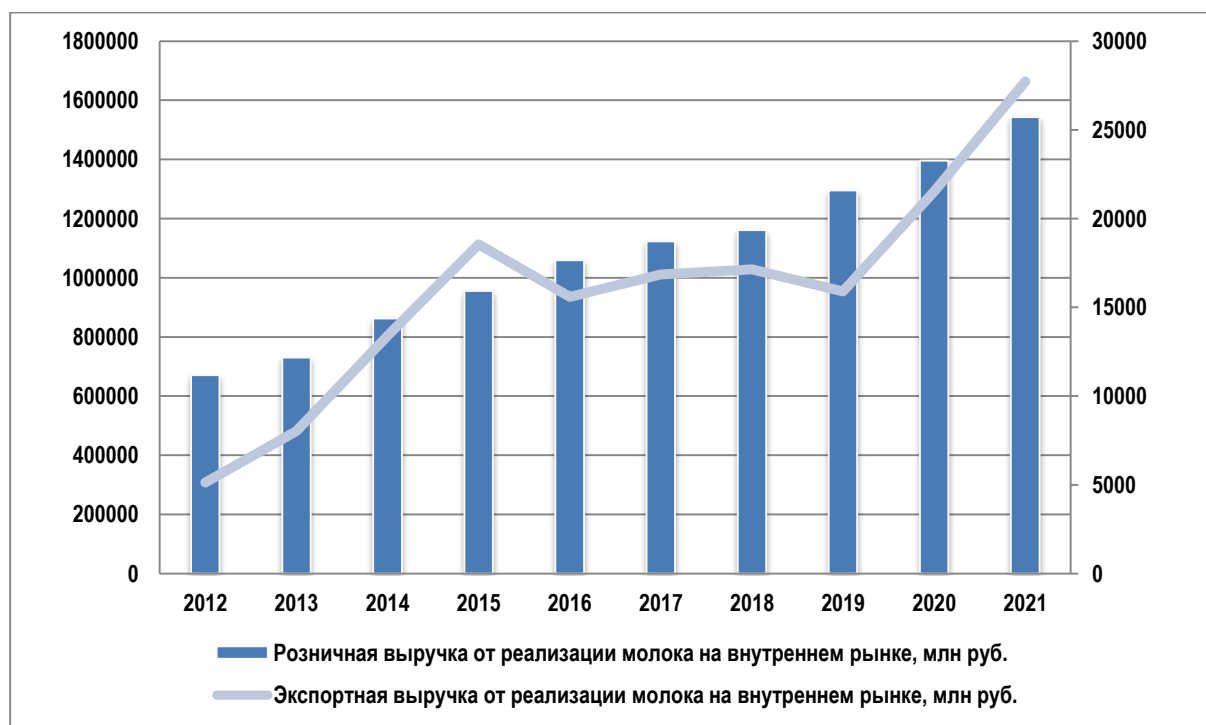


Рис. 5. Динамика поступления выручки от реализации молока в РФ: левая ось – розничная выручка, правая ось – экспортная выручка

Источник: [1, 9, 10, 11].

Основная выручка от реализации молока приходится на внутреннего потребителя (рис. 5). При этом цены на внутреннем рынке на 88,71% превышают среднюю экспортную цену. При такой ценовой дифференциации российским сельхозтоваропроизводителям следует сконцентрироваться на удовлетворении потребности в молоке внутри страны. После покрытия внутренних потребностей по ценам не выше экспортных молочная продукция может направляться на внешние рынки сбыта.

Рассмотрим состав и структуру розничной цены на молоко питьевое внутри страны (табл. 1).

Таблица 1. Состав и структура розничной цены на молоко питьевое цельное пастеризованное 2,5–3,2% жирности в 2021 г., %

Показатели	Значение, %
Сырье и материалы (за вычетом возвратных отходов)	45,4
Расходы промышленности с учетом транспортировки	21,6
Затраты организаций розничной торговли	7,1
Оборот посреднического звена	3,8
Прибыль промышленности	6,6
Прибыль от продажи товара	6,9
НДС промышленности	6,9
НДС розничной торговли	1,7

Источник: [10].

Согласно данным Росстата, наибольший удельный вес в структуре розничной цены приходится на сырье и материалы за вычетом возвратных отходов. В 2021 г. на данную статью приходилось 45,4%. Удельный вес данных затрат высок, но вместе с тем при доработке и переработке формируются вторичные продукты или возвратные отходы (обрат, сыворотка, пахта и др.), которые могут быть использованы и в сельскохозяйственном производстве, и в пищевой промышленности, поэтому реальные расходы оказываются ниже. Далее в розничную цену включаются расходы промышленности с учетом транспортировки – 21,6% и затраты торговли – 7,1%. Совокупные расходы по вышеперечисленным статьям составляют 74,1%. Оставшуюся часть составляют доходы, которые распределяются следующим образом: доходы так называемого посреднического звена – 3,8%, доходы промышленности и торговли (прибыль от продажи товаров) – соответственно 6,6 и 6,9%, доходы государства в виде НДС – 8,6%. Таким образом, производство молока, потребляемого внутри страны, имеет достаточно высокую экономическую эффективность: уровень совокупной рентабельности превышает 30%.

Существующая статистика по внешнеторговым операциям не позволяет рассчитать долю каждого элемента структуры экспортной цены, поэтому в данном случае результаты анализа, учитывающего причинно-следственные связи, носят весьма приблизительный характер. В 2021 г. оптовая цена на молоко составляла 5 403 руб./ц. Экспортная выручка за аналогичный период повышалась до 3 439 руб. (расчет экспортной цены в национальной валюте проводился по действующему курсу иностранной валюты). Если не брать во внимание затраты на осуществление экспортных операций, то такая деятельность хозяйствующих субъектов была убыточной. Часть убытков погашалась за счет субсидирования государством экспортных операций. Поскольку предусмотреть весь прямой и косвенный объем убытков сложно, то их размеры представлены только в части освобождения экспортеров от уплаты НДС и возврата сумм НДС, уплаченных поставщиками ресурсов (табл. 2).

**Таблица 2. Эффективность экспортных операций по молоку**

Показатели	Годы		
	2019	2020	2021
Оптовая цена промышленности с НДС и затратами на транспортировку, руб./ц	4 674	5 121	5 403
Экспортная цена, \$/ц	42,02	41,19	46,29
руб./ц	2 601	3 043	3 439
Убыток экспортеров, руб./ц	2 073	2 078	1 964
Государственная поддержка экспортеров в части освобождения от уплаты НДС и возврата НДС, руб./ц	407	430	453

Источник: составлено автором по данным [10, 11].

Выполненные расчеты показывают, что за 2019–2021 гг. убыток от внешнеторговых операций достигал 2 000 руб. на 1 ц молока, а бюджетные потери – 400–450 руб./ц продукции. При этом наметился тренд повышения эффективности экспорта молока – удельный убыток за три года уменьшился на 114 руб. Однако такое повышение эффективности ложится дополнительной нагрузкой на бюджет, о чем свидетельствуют удельные расходы государства на поддержку внешней торговли, которые в 2019–2021 гг. возросли на 46 руб./ц молока.

Таким образом, реализация молока на внутреннем продовольственном рынке экономически целесообразна для всех экономических субъектов – государства, производителей и общества. Перемещение молока с внешних на внутренние рынки позволит скорректировать цены, что благоприятным образом скажется на объемах потребления молока как в целом по всему населению, так и в разрезе отдельных децильных групп.

В ходе выполнения исследования выявлены причины убыточности российских экспортных операций по молоку на основе сравнительного ценового анализа внешне-торговых операций РФ, Турции и Белоруссии.

Так, Россия на протяжении всего анализируемого периода реализует молоко по заниженным ценам. Представленная статистика за 2017–2021 гг. четко отражает тренд, в соответствии с которым цены в Турции и Белоруссии почти в 2 раза превышают российские (табл. 3). А если учесть, что 98% импорта молока приходится на Белоруссию, то это дополнительно дискриминирует отечественных потребителей.

**Таблица 3. Средняя цена экспорта и импорта молока в РФ, Турции и Белоруссии, \$/т**

Страны	Годы									
	2017		2018		2019		2020		2021	
	Импорт	Экспорт	Импорт	Экспорт	Импорт	Экспорт	Импорт	Экспорт	Импорт	Экспорт
РФ	674	688	703	727	857	911	750	775	856	799
Беларусь	920	н/д	1 598	н/д	2 178	н/д	2 136	791	1 842	875
Турция	3 000	783	3 087	729	2 383	746	2 818	828	2 838	936

Источник: составлено авторами по данным [11].

Как известно, инструментом, позволяющим повысить эффективность и производства, и реализации продукции, является ее переработка, так как на этой стадии происходит расширение ассортиментного перечня предлагаемой продукции и создается добавленная стоимость (табл. 4).

**Таблица 4. Сравнительный анализ эффективности переработки молока в сливочное масло**

Показатели	Годы		
	2019	2020	2021
Закупочная цена молока у сельхозорганизаций и крестьянских (фермерских) хозяйств, руб./ц	2652,4	2745,9	3026,2
Экспортная цена молока, руб./ц	2 601	3 043	3 439
Выручка от экспорта масла сливочного, полученного из 1 ц молока, руб.*	765,70	1004,63	1233,96

Примечание: \* – перерасчет произведен из условия: 25–35 литров молока = 1 кг сливочного масла.

Источник: составлено автором по данным [1, 10, 11].

На основании выполненных расчетов установлено, что вывоз сырого молока обеспечивает более высокую выручку, чем переработка с последующим экспортом (даже без учета затрат на переработку). Сложившаяся структура затрат и ценовая конъюнктура обеспечивают более высокий доход от вывоза сырого молока. Таким образом, экспорт следует рассматривать как один из возможных эффективных вариантов реализации молока. Вместе с тем отказ от этого варианта сужает перспективы развития для производителей из-за диктата условий крупными переработчиками продукции.

В последние годы в РФ сформировалась самая низкая закупочная цена на молоко и, как следствие, самый низкий коэффициент защиты производителей, что снижает инвестиционную привлекательность отрасли и не обеспечивает высокие темпы ее модернизации.

Основными причинами низкой эффективности экспортных операций являются неблагоприятная ценовая конъюнктура рынка российской продукции, дифференциация экспорта и импорта, нестабильный курс национальной валюты, поэтому на федеральном и региональном уровнях управления целесообразно принятие комплекса организационно-экономических мер по защите интересов отечественных потребителей и производителей молока.

### **Выводы**

Расширение внешнего присутствия России на мировом продовольственном рынке по ценам ниже внутренних ущемляет интересы отечественных производителей, и государство не должно поддерживать такие сделки.

Решение об оказании государственной поддержки экспорта по каждой продовольственной позиции должно приниматься только после тщательного сравнительного анализа эффективности.

Статистическую информационную базу следует корректировать с учетом темпов экспортно ориентированного роста: розничные цены должны рассчитываться и по продукции, потребляемой внутри страны, и по экспортной продукции.

Результаты анализа эффективности реализации молока в разрезе внутреннего и внешнего продовольственного рынков могут быть использованы при разработке агропродовольственной политики органами исполнительной власти.

---

### **Список источников**

1. Внешняя торговля [Электронный ресурс] // Официальный сайт. Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС) Федеральной службы государственной статистики (Росстат). URL: <https://fedstat.ru/indicator/37393> (дата обращения: 10.08.2022).
2. Литвинова Е. В России изменились правила субсидирования перевозок сельхозпродукции [Электронный ресурс] // Агроинвестор. 24 декабря 2019 г. URL: <https://www.agroinvestor.ru/markets/news/32990-v-rossii-izmenilis-pravila-subsidirovaniya-perevozok-selkhozproduksii/> (дата обращения: 10.07.2022).
3. Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности: Указ Президента РФ от 30 января 2010 г. № 120 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/30563> (дата обращения: 10.07.2022).
4. Потребление основных продуктов питания населением Российской Федерации [Электронный ресурс] // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики (Росстат). URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13278> (дата обращения: 17.08.2022).
5. Потребление продуктов питания в домашних хозяйствах, доля расходов на покупку продуктов питания в потребительских расходах домашних хозяйств по 10-процентным группам населения [Электронный ресурс] // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики (Росстат). URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/13397> (дата обращения: 17.02.2023).
6. Потребление продуктов питания в домашних хозяйствах, потребление, пищевая и энергетическая ценность продуктов питания по 10-процентным группам населения [Электронный ресурс] // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики (Росстат). URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/13397> (дата обращения: 17.02.2023).
7. Развитие молочной индустрии России: итоги 2022 года и прогноз на 2023 год [Электронный ресурс] // Национальный союз производителей молока. Новости и аналитика молочного рынка. URL: <https://milknews.ru/longridy/Molochnaja-otrasl-v-10-grafikah.html> (дата обращения: 17.08.2022).
8. Рекомендации по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания: Приказ Министерства здравоохранения РФ № 614 от 19.08.2016 [Электронный ресурс]. URL: <https://nadm.ru/upload/iblock/58d/58df042069fa850e7d425d9f2b06244f.pdf> (дата обращения: 17.08.2022).
9. Ресурсы и использование молока и молокопродуктов по Российской Федерации [Электронный ресурс] // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики (Росстат). URL: [http://komitet2-20.km.duma.gov.ru/upload/site2/document\\_news/028/314/497/1\\_Laykam\\_Resursy\\_i\\_iskpolzovanie\\_moloka\\_gos.duma.pdf](http://komitet2-20.km.duma.gov.ru/upload/site2/document_news/028/314/497/1_Laykam_Resursy_i_iskpolzovanie_moloka_gos.duma.pdf) (дата обращения: 17.02.2023).
10. Структура розничных цен на отдельные виды товаров [Электронный ресурс] // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики (Росстат). URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/price> (дата обращения: 17.08.2022).
11. Таможенная статистика внешней торговли Российской Федерации [Электронный ресурс] // Официальный сайт Федеральной таможенной службы. URL: <http://stat.customs.gov.ru/documents> (дата обращения: 17.08.2022).

**References**

1. Vneshnyaya torgovlya [Foreign trade]. Ofitsial'nyj sait. Edinaya mezhvedomstvennaya informatsionno-statisticheskaya sistema (EMISS) Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki [Unified Interdepartmental Information and Statistical System (EMISS) of the Federal State Statistics Service (Rosstat)]. URL: <https://fedstat.ru/indicator/37393> (In Russ.).
2. Litvinova E. V Rossii izmenilis' pravila subsidirovaniya perevozok sel'khozproduktov [In Russia, the rules for subsidizing the transportation of agricultural products have changed]. *Agroinvestor = Agroinvestor*. December 24, 2019. URL: <https://www.agroinvestor.ru/markets/news/32990-v-rossii-izmenilis-pravila-subsidirovaniya-perevozok-selkhoz-produktov/> (In Russ.).
3. Ob utverzhdenii Doktriny prodovol'stvennoj bezopasnosti [On the Approval of the Food Security Doctrine]: Ukaz Prezidenta RF ot 30 yanvarya 2010 g. № 120 [Decree of the President of the Russian Federation No. 120 as of January 30, 2010]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/30563>. (In Russ.).
4. Potreblenie osnovnykh produktov pitaniya naseleniem Rossijskoj Federatsii [Consumption of basic foodstuffs in the Russian Federation]. Ofitsial'nyj sait Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki (Rosstat) [Official website of the Federal State Statistics Service (Rosstat)]. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13278>. (In Russ.).
5. Potreblenie produktov pitaniya v domashnikh khozyajstvakh, dolya raskhodov na pokupku produktov pitaniya v potrebitel'skikh raskhodakh domashnikh khozyajstv po 10-protsentnym gruppam naseleniya [Household food consumption, the share of food purchase expense sin households due to R/P 10% population]. Ofitsial'nyj sait Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki (Rosstat) [Official website of the Federal State Statistics Service (Rosstat)]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/13397>. (In Russ.).
6. Potreblenie produktov pitaniya v domashnikh khozyajstvakh, potreblenie, pishchevaya i energeticheskaya tsennost' produktov pitaniya po 10-protsentnym gruppam naseleniya [Household food consumption, consumption, nutritional and energy value of food dueto R/P 10% population]. Ofitsial'nyj sait Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki (Rosstat) [Official website of the Federal State Statistics Service (Rosstat)]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/13397>. (In Russ.).
7. Razvitie molochnoj industrii Rossii: itogi 2022 goda i prognoz na 2023 god [Development of the dairy industry in Russia: results of 2022 and forecast for 2023]. Natsional'nyj soyuz proizvoditelej moloka. Novosti i analitika molochnogo rynka [National Union of Milk Producers. Dairy market news and analytics]. URL: <https://milknews.ru/longridy/Molochnaja-otrasl-v-10-grafikah.html>. (In Russ.).
8. Rekomendatsii po ratsional'nym normam potrebleniya pishchevykh produktov, otvechayushchikh sovremennym trebovaniyam zdorovogo pitaniya [Recommendations on rational norms of food consumption that meet modern requirements of healthy nutrition]: Prikaz Ministerstva zdravookhraneniya RF № 614 ot 19.08.2016 [Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 614 as of 19.08.2016]. URL: <https://nadm.ru/upload/iblock/58d/58df042069fa850e7d425d9f2b06244f.pdf>. (In Russ.).
9. Resursy i ispol'zovanie moloka i molokoproduktov po Rossijskoj Federatsii [Resources and use of milk and dairy products in the Russian Federation]. Ofitsial'nyj sait Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki (Rosstat) [Official website of the Federal State Statistics Service (Rosstat)]. URL: [http://komitet2-20.km.duma.gov.ru/upload/site2/document\\_news/028/314/497/1\\_Laykam\\_Resursy\\_i\\_ispolzovanie\\_moloka\\_gos.duma.pdf](http://komitet2-20.km.duma.gov.ru/upload/site2/document_news/028/314/497/1_Laykam_Resursy_i_ispolzovanie_moloka_gos.duma.pdf). (In Russ.).
10. Struktura roznichnykh tsen na otdel'nye vidy tovarov [The structure of retail prices for certain types of goods]. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/price>. (In Russ.).
11. Tamozhennaya statistika vneshnej torgovli Rossijskoj Federatsii [Customs statistics of foreign trade of the Russian Federation]. Ofitsial'nyj sait Federal'noj tamozhennoj sluzhby [Official website of the Federal Customs Service]. URL: <http://stat.customs.gov.ru/documents>. (In Russ.).

**Информация об авторе**

В.С. Конкина – кандидат экономических наук, доцент, зав. кафедрой маркетинга и товароведения ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», [konkina\\_v@mail.ru](mailto:konkina_v@mail.ru).

**Information about the author**

V.S. Konkina, Candidate of Economic Sciences, Docent, Head of the Dept. of Marketing and Commodity Science, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, [konkina\\_v@mail.ru](mailto:konkina_v@mail.ru).

Статья поступила в редакцию 15.02.2023; одобрена после рецензирования 21.03.2023; принята к публикации 28.03.2023.

The article was submitted 15.02.2023; approved after reviewing 21.03.2023; accepted for publication 28.03.2023.

© Конкина В.С., 2023

### 5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА (ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 338.431.7: 636.2.034

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2023\_2\_228

EDN: PBGMFM

#### Пространственный анализ развития производства молока в ЦЧР РФ

Александр Александрович Тютюников<sup>1✉</sup>, Татьяна Васильевна Закшевская<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-Черноземного района – филиал ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева», Воронеж, Россия

<sup>2</sup>Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I, Воронеж, Россия

<sup>1</sup>tytnn@rambler.ru<sup>✉</sup>

**Аннотация.** Приводятся результаты исследования, проведенного с целью выявления и интерпретации пространственно-обусловленных структур в молочном скотоводстве Центрально-Черноземного региона РФ. Методика исследования основана на методах пространственной эконометрики и картографического районирования и включает в себя такие этапы, как: 1) районирование показателей производства молока на картограммах с количественной дифференциацией, направленное на формирование начальной гипотезы о возможном наличии, специфике и роли пространственно обусловленных структур; 2) пространственный автокорреляционный анализ выбранных показателей, выполненный с целью проверки начальной гипотезы, а также получения промежуточных данных для выделения границ пространственных кластеров; 3) моделирование структуры экономического пространства, позволяющее на основании промежуточных результатов определять составы и границы предполагаемых пространственных кластеров, дифференцировать их члены, определять точки роста, выявлять прочие пространственно обусловленные структуры («горячие точки», изоляты, зоны депрессии). Пространственный анализ основан на построении матрицы пространственных весов территориальных единиц, расчете глобальных и локальных индексов Морана, пространственных лагов выбранных экономических показателей, построении диаграммы рассеяния Морана. Для внутрикластерной дифференциации и выделения точек роста предложен авторский алгоритм. В результате апробации методики исследования на массиве данных производства молока в ЦЧР за 2010–2020 гг. были выделены, дифференцированы и описаны следующие пространственно обусловленные структуры с высоким уровнем производства молока: Белгородский, Воронежский и Липецкий кластеры, Тамбовский изолят и изолированная Железногорская точка роста. Также были выявлены и описаны обширные пространственные зоны низкого уровня производства молока: западная, центральная, восточная и южная.

**Ключевые слова:** пространственный анализ, пространственная автокорреляция, пространственные кластеры, сельскохозяйственные кластеры, производство молока, Центрально-Черноземный регион  
**Благодарности:** исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и образования Российской Федерации № 075-01195-22-00 на 2022–2024 гг. по теме FGNZ-2022-0010 «Разработать концепцию пространственного развития локальных рынков в условиях трансформации аграрного производства».

**Для цитирования:** Тютюников А.А., Закшевская Т.В. Пространственный анализ развития производства молока в ЦЧР РФ // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 2(77). С. 228–248. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_228](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_228)–248.

### 5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS (ECONOMIC SCIENCES)

Original article

#### Spatial analysis of development of milk production in the Central Chernozem Region of the Russian Federation

Aleksandr A. Tyutyunikov<sup>1✉</sup>, Tatiana V. Zakshevskaya<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Research Institute of Economics and Organization of Agro-Industrial Complex of the Central Black Earth Region – Branch of FGBSI “Voronezh Federal Agricultural Scientific Centre named after V.V. Dokuchaev”, Voronezh, Russia

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

<sup>1</sup>tytnn@rambler.ru<sup>✉</sup>



**Abstract.** The authors present the findings of a study aimed at identifying and interpreting spatially determined patterns in dairy farming in the Central Chernozem Region. The research procedure is based on the spatial econometrics and cartographic methods, and includes the following three stages. At the first stage it is supposed to fulfill zoning of milk production indicators on quantitative cartograms, focused on the formation of an initial hypothesis of the possible presence, specificity and role of spatially determined patterns. At the second stage it is assumed to carry out spatial autocorrelation analysis of the selected indicators in order to test the initial hypothesis and obtain intermediate data for highlighting the spatial clusters boundaries. At the third stage it is expected to simulate the structure of the economic space, which makes it possible using the obtained intermediate data to determine the composition and boundaries of the proposed spatial clusters, differentiate their members, determine growth points, identify other spatially determined patterns, i.e. "hot spots", isolates, depression zones. Spatial analysis is based on generating territorial units' spatial weights matrix, calculating Global Moran's I and Local Moran's I, spatial lags of selected economic indicators, and drawing Moran's scatterplot. The authors proposed an algorithm for intracluster growth points' differentiation. The proposed methodology was tested on the databulk of milk production in the Central Chernozem Region for 2010-2020. The following spatially determined structures with a high level of milk production were identified, differentiated and described: Belgorod, Voronezh and Lipetsk clusters, Tambov isolate and the isolated Zheleznogorsk growth point. Large spatial patterns of low level of production of milk have also been identified and described: these are called the western, central, eastern and southern zones.

**Keywords:** spatial analysis, spatial autocorrelation, spatial clusters, agricultural clusters, milk production, Central Chernozem Region

**Acknowledgments:** the study was carried out within the State assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation No. 075-01195-22-00 for the period from 2022 till 2024, theme FGZ-2022-0010 "Provide the concept of spatial development of local markets in the conditions of transformation of agricultural production".

**For citation:** Tyutyunikov A.A., Zakshevskaya T.V. Spatial analysis of development of milk production in the Central Chernozem Region of the Russian Federation. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(2):228-248. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_228-248](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_228-248).

## Введение

На российском рынке молока в последние годы наблюдались положительные тенденции: вырос средний уровень надоев молока по стране, произошли существенные изменения в сторону сглаживания сезонности молочного производства, активизировался процесс создания крупных молочных хозяйств, в которых реализуются современные технологические решения по заготовке кормов, кормлению, содержанию и доению.

Однако, несмотря на ряд мер, принятых государством, на отечественном рынке молока и молочных продуктов сохраняются следующие проблемы: уровень среднедушевого потребления существенно ниже рациональной нормы, совокупный спрос покрывается продукцией из сырья отечественного производства на 75–80%, ежегодный дефицит сырого молока составляет 4–6 млн т [6]; наблюдается высокая фрагментация и межрегиональная дифференциация как по производству, так и по потреблению [2]. Положение осложняется высокой социальной значимостью данного рынка, а также факторами геополитического характера и существованием многочисленных двусторонних рестрикций в торговле продовольствием и ресурсами АПК между РФ и другими странами. В этих условиях весьма актуальными представляются вопросы дальнейшего развития собственного производства молока.

Доминирующей моделью развития отечественного аграрного производства в настоящее время является холдинговая модель агропромышленной интеграции, потенциал которой представляется во многом исчерпанным за счет сокращения эффекта от наращивания объемов производства [5]. Дальнейшим этапом развития видится переход к кластерной модели, направленной прежде всего на снижение себестоимости, углубление и расширение переработки, развитие производственной и рыночной инфраструктуры, совершенствование интеграционных взаимодействий. В качестве первой стадии регионального перехода к кластерной модели А.В. Улезько выделяет «создание устойчивой сырьевой агломерации, позволяющей выявить потенциальных участников интеграционных объединений и сформировать устойчивую сырьевую базу перерабатывающих предприятий, как правило, выступающих инициаторами интеграционных процессов» [5]. Предполагается, что границы подобных сырьевых агломераций – пространственных

кластеров производства сырого молока – могут быть определены путем поиска пространственно сгруппированных территориальных объектов, обладающих схожей спецификой развития, на теоретических и методологических основаниях теории пространственного развития и пространственной эконометрики.

В соответствии с вышеописанной проблематикой в качестве объекта исследования было выбрано молочное производство ЦЧР на первом и втором уровнях административно территориального устройства; в качестве предмета – пространственные различия в его развитии на территориях макрорегиона.

Целью исследования является анализ пространственной дифференциации молочной отрасли, направленный на определение возможных зон локализации производства, а также оценку их состояния и развития. Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- 1) разработка методики анализа и моделирования пространственной структуры производства молока на основе методов пространственной эконометрики;
- 2) выявление пространственно сгруппированных территориальных объектов молочного скотоводства на уровне макрорегиона: кластеров, «горячих точек», точек роста, зон депрессии и др.;
- 3) описание и интерпретация полученных пространственных кластеров.

#### **Материалы и методы**

В основе исследования лежит гипотеза о наличии в экономической сфере пространственных кластеров – «географически ограниченных групп явлений достаточного размера и концентрации, при условии того, что вероятность их случайного возникновения может быть низкой» [8]. При изучении агропродовольственных рынков логичным является поиск пространственных кластеров и таких явлений, как производство, распределение и потребление сельскохозяйственного сырья и продуктов питания. Такой подход позволит классифицировать агропродовольственные рынки с учетом пространственной специфики, разработать рекомендации по их развитию на территориях, входящих в конкретные пространственные кластеры (зоны), обосновать прогнозные параметры на основе показателей динамики экономического пространства.

В качестве основных инструментов исследования предлагаются методы геоинформационного картографирования и районирования, а также пространственного автокорреляционного анализа [7]. Районирование с количественной дифференциацией на картограмме позволит провести первичный логико-интуитивный визуальный анализ локализации изучаемого признака и сформировать начальную гипотезу о наличии (отсутствии) пространственно обусловленных структур, их специфике и возможной роли в экономике. Пространственный автокорреляционный анализ необходим для: 1) тестирования гипотезы о пространственной обусловленности наблюдаемых экономических явлений и процессов; 2) проверки гипотезы о наличии пространственных кластерных структур среди единиц наблюдения; 3) моделирования структуры экономического пространства: определения состава и границ предполагаемых пространственных кластеров [3, с. 43–47, 158–168].

Для проведения пространственного автокорреляционного анализа отобраны следующие методики: 1) расчет глобального индекса Морана (Moran's I) [10], позволяющего подтвердить гипотезу о наличии и характере пространственной структуры среди территориальных единиц объекта исследования; 2) построение диаграммы рассеяния Морана, используемой для первичной пространственной кластеризации территории; 3) расчет локальных индексов Морана, используемых для идентификации локальных пространственных кластеров, их членов, а также изолятов, т.н. «горячих точек» и точек роста [10].

Глобальный индекс Морана I рассчитывается:

$$I = \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_i \sum_j w_{ij}}, \quad (1)$$

$$S^2 = \frac{1}{n} \sum_i (x_i - \bar{x})^2, \quad (2)$$

где  $x_i$  – значение исследуемого признака в  $i$ -й территориальной единице наблюдения;  
 $x_j$  – значение исследуемого признака в  $j$ -й территориальной единице наблюдения;  
 $\bar{x}$  – среднеарифметическое значение исследуемого признака по всей совокупности единиц наблюдения;

$w_{ij}$  – элемент матрицы пространственных весов для  $i$ -й и  $j$ -й территориальных единиц;

$n$  – количество территориальных единиц [9, с. 188].

Элементы матрицы пространственных весов рассчитываются путем нормализации матрицы смежности территориальных единиц за счет деления ее элементов на их построчные суммы

$$w_{ij} = \frac{w_{ij}^*}{\sum_j w_{ij}^*}, \quad \sum_j w_{ij} = 1. \quad (3)$$

Для расчета матрицы смежности предлагается использовать матрицу минимального времени в пути по автомобильным дорогам между главными населенными пунктами территориальных единиц, полученную на основе данных OSRM (Open Source Routing Machine) [11]. Расчет элементов матрицы смежности производится следующим образом:

$$\begin{cases} w_{ij}^* = 1, & \text{если время в пути от } i \text{ до } j \leq d; \\ w_{ij}^* = 0, & \text{если время в пути от } i \text{ до } j > d; \\ w_{ij}^* = 0, & \text{если } i = j, \end{cases} \quad (4)$$

где  $d$  – пороговое значение времени в пути между главными населенными пунктами территориальных единиц, при превышении которого территориальные единицы не считаются пространственно соседствующими.

В данном исследовании в качестве территориальных единиц приняты административно-территориальные объекты второго уровня ОКАТО: районы субъектов РФ, а также города/ПГТ областного подчинения. Так как минимальное время в пути по автомобильным дорогам рассчитывается OSRM в точном соответствии с номинальными скоростными режимами, пороговое значение  $d$  принято в размере 1,5 часа.

Диаграмма рассеяния Морана формируется на основе стандартизированных значений исследуемого признака в  $i$ -й территориальной единице наблюдения  $x_i$  (5) и пространственного лага  $l_i$  для каждой  $i$ -й территориальной единицы наблюдения (6):

$$x_i^{\text{CT}} = \frac{(x_i - \bar{x})}{\sqrt{S^2}}; \quad (5)$$

$$l_i = \sum_j w_{ij} x_j^{\text{CT}}. \quad (6)$$

В зависимости от значений  $x_i^{\text{CT}}$  и  $l_i$  каждая территориальная единица получает метку принадлежности к категории квадранта диаграммы рассеяния [2]:

$$\begin{cases} HH, & \text{если } x_i^{\text{CT}} > 0 \text{ и } l_i > 0. \\ HL, & \text{если } x_i^{\text{CT}} > 0 \text{ и } l_i \leq 0. \\ LH, & \text{если } x_i^{\text{CT}} \leq 0 \text{ и } l_i > 0. \\ LL, & \text{если } x_i^{\text{CT}} \leq 0 \text{ и } l_i \leq 0. \end{cases} \quad (7)$$

К категории *HH* (*high-high*) принадлежат территориальные единицы с высокими показателями изучаемого признака, окруженные соседями, имеющими также в среднем высокие показатели (пространственные кластеры с высоким значением признака). К категории *HL* (*high-low*) относятся территориальные единицы с высокими показателями изучаемого признака, окруженные соседями, имеющими в среднем низкие показатели («горячие точки», «полюса роста», окраины кластеров, изоляты, выбросы). К категории *LH* (*low-high*) принадлежат территориальные единицы с низкими показателями изучаемого признака, окруженные соседями, имеющими в среднем высокие показатели (полупериферия, зоны влияния пространственных кластеров и «горячих точек»); к категории *LL* (*low-low*) – территориальные единицы с низкими показателями изучаемого признака, окруженные соседями, имеющими в среднем также низкие показатели (периферия, не относящаяся к зонам влияния).

Локальные индексы Морана  $I_i$  рассчитываются для каждой территориальной единицы по формуле [9, с. 199]

$$I_i = \frac{(x_i - \bar{x}) \sum_j w_{ij} (x_j - \bar{x})}{S^2}. \quad (8)$$

Значения локальных индексов Морана позволяют предварительно оценить наличие кластерных ядер и точек роста в экономическом пространстве. Высокие значения с большой вероятностью указывают на принадлежность территориальной единицы к ядру кластера высокого уровня производства (территориальная единица с высоким значением признака окружена территориальными единицами, также имеющими высокие значения признака). Отрицательные значения однозначно указывают на границы пространственных кластеров, «горячие точки» и изоляты. Низкие положительные значения локальных индексов Морана указывают на депрессивные зоны (территориальная единица с низким значением признака окружена территориальными единицами, также имеющими низкие значения признака).

Следует отметить, что значения локальных индексов Морана, хотя и являются безразмерными, испытывают сильное влияние характера и распределения изучаемого признака (переменной), поэтому выработать конкретное правило, позволяющее отнести территорию к конкретной части (ядро, тело, окраина и др.) пространственного кластера на основе значений индексов представляется затруднительным. В данной работе подобное правило авторы применяют на основе трех факторов: 1) принадлежности территориальной единицы к одному из четырех квадрантов диаграммы рассеяния Морана (*HH*, *HL*, *LH*, *LL*); 2) значения частного от деления стандартизированной переменной на пространственный лаг территориальной единицы (в случае принадлежности к *HH*); 3) значения произведения стандартизированной переменной на пространственный лаг территориальной единицы в случае принадлежности к *LL*).

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ядро кластера высоких показателей, если } i \in HH \text{ и } x_i^{CT} / l_i \geq 2. \\ \text{Тело кластера высоких показателей, если } i \in HH \text{ и } x_i^{CT} / l_i < 2. \\ \text{Край кластера высоких показателей / изолят / "горячая точка", если } i \in HL. \\ \text{Край зоны низких показателей, если } i \in LH. \\ \text{Тело зоны низких показателей, если } i \in LL \text{ и } x_i^{CT} * l_i < 0,15. \\ \text{Ядро зоны низких показателей, если } i \in LL \text{ и } x_i^{CT} * l_i \geq 0,15. \end{array} \right. \quad (9)$$

Дифференцировать территориальные единицы, входящие в квадрант *HL*, на края кластеров высоких показателей, «горячие точки», изоляты предлагается при помощи визуального анализа картограмм исследуемого признака и диаграммы рассеяния Морана в зависимости от топологии и уровня значения признака. Точки роста предлагается определять при помощи учета динамики исследуемого признака, например, при условии:

$$i - \text{точка роста кластера } A, \text{ если } i \in A \text{ и } x_{it} > \bar{x}_{At} \text{ и } \frac{\Delta x_i}{x_{it-1}} > \alpha, \quad (10)$$

где  $x_{it}$  – значение исследуемого признака в  $i$ -й территориальной единице наблюдения в  $t$ -й период времени;

$\bar{x}_{At}$  – среднеарифметическое значение исследуемого признака по кластеру  $A$  в  $t$ -й период времени;

$\Delta x_i$  – прирост исследуемого признака в  $i$ -й территориальной единице по сравнению со значением в предыдущем периоде времени;

$\alpha$  – пороговое значение прироста для кластера  $A$ .

Апробирование предложенной методики проведено на основе материалов о состоянии рынков молока и молочных продуктов ЦЧР и РФ, хранящихся в Базе данных показателей муниципальных образований за 2006–2020 гг. [1], Базе данных «Производство молока в хозяйствах всех категорий» ЕМИСС [4], базе данных Центра изучения молочного рынка (ЦИМР) [6], базе данных веб-картографического проекта по созданию географической карты мира OpenStreetMap (OSM). Инструментальной базой исследования является ПО для анализа данных с помощью языка программирования R, геоинформационная система QGIS, ПО для анализа пространственных данных GeoDa.

### Результаты и их обсуждение

В производстве сырого молока регионами ЦЧР на протяжении 2010–2020 гг. отмечаются значительные объемные и структурные изменения (табл. 1).

Таблица 1. Производство молока в регионах ЦЧР в 2010–2020 гг.

Показатели	Области ЦЧР					ЦЧР, всего
	Белгородская	Воронежская	Курская	Липецкая	Тамбовская	
<b>Производство молока в 2010 г., тыс. т</b>						
В хозяйствах всех категорий	557,4	683,3	377,3	274,5	232,9	2125,4
в том числе в малых формах	213,1	364,6	215,0	105,5	189,1	1087,3
из них: в хозяйствах населения	193,2	341,7	199,3	97,0	177,7	1008,9
в К(Ф)Х	19,9	22,9	15,7	8,5	11,4	78,4
<b>Производство молока в 2020 г., тыс. т</b>						
В хозяйствах всех категорий	686,6	1024,7	334,0	300,7	192,5	2538,5
в том числе в малых формах	143,8	222,6	119,5	70,7	114,9	671,5
из них: в хозяйствах населения	103,0	174,0	99,3	51,5	85,4	513,2
в К(Ф)Х	40,8	48,6	20,2	19,2	29,5	158,3
<b>Удельный вес в производстве молока малых форм хозяйствования в 2010 г., %</b>						
Всего	38,2	53,4	57,0	38,4	81,2	51,2
в том числе хозяйств населения	34,7	50,0	52,8	35,3	76,3	47,5
К(Ф)Х	3,6	3,4	4,2	3,1	4,9	3,7
<b>Удельный вес в производстве молока малых форм хозяйствования в 2020 г., %</b>						
Всего	20,9	21,7	35,8	23,5	59,7	26,5
в том числе хозяйств населения	15,0	17,0	29,7	17,1	44,4	20,2
К(Ф)Х	5,9	4,7	6,0	6,4	15,3	6,2
<b>Прирост производства молока в 2020 г. к уровню 2010 г., %</b>						
В хозяйствах всех категорий	23,2	50,0	-11,5	9,5	-17,3	19,4
в том числе в малых формах	-32,5	-38,9	-44,4	-33,0	-39,2	-38,2
из них: в хозяйствах населения	-46,7	-49,1	-50,2	-46,9	-51,9	-49,1
в К(Ф)Х	105,0	112,2	28,7	125,9	158,8	101,9

Источник: составлено авторами по данным [4].

Во-первых, наблюдается существенный прирост валового производства в целом, обеспечиваемый, по большей части, двумя южными областями: Воронежской и Белгородской. Во-вторых, увеличивается дифференциация по производству между регионами: в Курской и Тамбовской областях наблюдается его спад, в Липецкой – медленный рост. В-третьих, доля малых форм хозяйствования в совокупном производстве молока макрорегиона за 10 лет снизилась почти в два раза, с половины до четверти, что обуславливается не только быстрым приростом сектора сельскохозяйственных организаций (СХО), но и значительным снижением сектора хозяйств населения (ХН). Быстрый прирост в секторе крестьянских (фермерских) хозяйств (К(Ф)Х) существенно поменял структуру производства в составе малых форм, однако пока не может переломить общую тенденцию к сокращению роли мелких сельхозтоваропроизводителей. Заметна также существенная дифференциация структуры производства молока по регионам: отмечается повышенная значимость малых форм хозяйствования в молочной отрасли Тамбовской и Курской областей (59,7 и 35,8% в структуре производства) и меньшая – Белгородской, Воронежской и Липецкой.

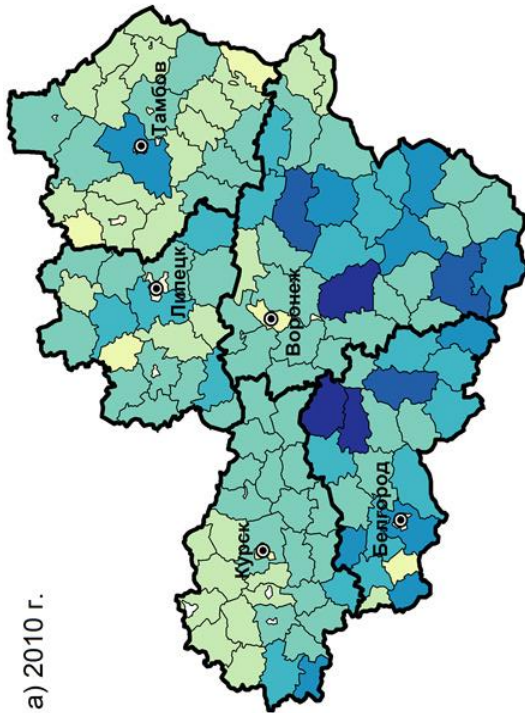
Наблюдаемая картина позволяет сформулировать гипотезу о наличии значимой пространственной дифференциации производства молока внутри исследуемого макрорегиона. В целях проверки данной гипотезы проведено количественное районирование производства молока в ЦЧР в 2010 и 2020 гг. на основе статистических данных административно-территориальных объектов второго уровня ОКАТО [1] (рис. 1 и 2). Районирование данных за 2010 г. (рис. 1, а) показало наличие обширных связанных территориальных зон высокого уровня производства молока – прежде всего в Белгородской и Воронежской областях. Территориальная дифференциация производства молока была отмечена также и в других регионах: между северной, пригородной и прочими частями Курской области, центром и периферией Тамбовской области и др. Существенные изменения объемов и хозяйственной структуры производства молока в районах ЦЧР, произошедшие к 2020 г. (рис. 1, в и 1, г) привели к визуальному нарастанию его территориальной дифференциации (рис. 1, б).

Прежде всего необходимо отметить формирование ярко выраженных отдельных территориальных структур в Белгородской и Воронежской областях. В 2010 г. пространственная картина производства молока в этих регионах выглядела более похожей на единый связный массив с редкими «пиками». В 2020 г. на картограмме (рис. 1, б) хорошо различимы две «полосы» районов с высоким уровнем производства: протяженная с севера на юг от Аннинского до Кантемировского района Воронежской области и протяженная с запада на восток от Яковлевского до Красногвардейского района Белгородской области. Вокруг этих полос концентрируются районы с достаточно высоким уровнем производства. Отмечается также повышенная концентрация производства молока в центральных и западных районах Липецкой области. Молочная отрасль Тамбовской области концентрируется в небольшом пространстве вокруг столицы региона. Районы Курской области, где отмечается повышенный уровень производства, тяготеют к границе Белгородской области; также отмечается отдельная «горячая» точка в Железногорском районе. Хорошо заметно тяготение молочной отрасли к концентрации вокруг столиц Белгородской, Липецкой и Тамбовской областей и обратная ситуация в Воронежской и Курской областях. Основная причина изменений в картине экономического пространства молочной отрасли – изменение структуры производства, сопровождаемое падением объемов в малых формах хозяйствования (рис. 1, в и 1, г). Наиболее кризисная ситуация отмечается в Курской и Тамбовской областях – в значительной части районов зафиксирован спад во всех формах хозяйствования, в том числе – в сельскохозяйственных организациях. В Липецкой области отрасль развивается лучше – несмотря на падение производства в северных, северо-западных и юго-восточных районах, отмечается рост по оси Тербуны-Доброе как результат ориентирования на крупные перерабатывающие мощности в Липецке и Лебедяни.

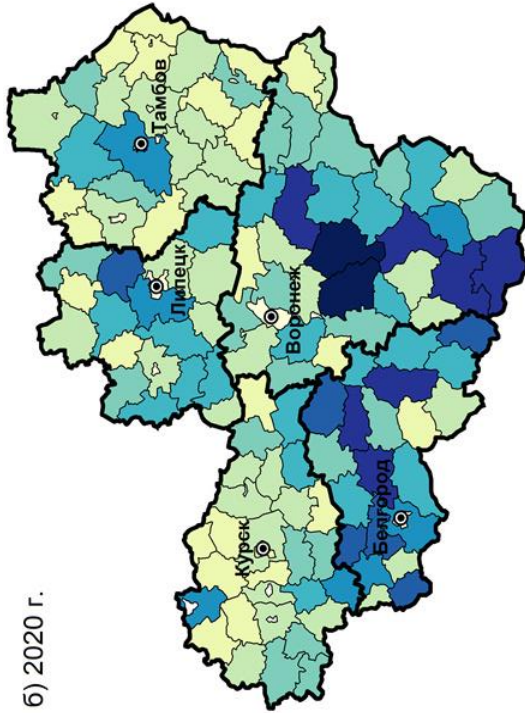


Производство  
молока, тыс. тонн

До 1
От 1 до 5
От 5 до 10
От 10 до 20
От 20 до 30
От 30 до 40
От 40 до 50
От 50 до 100
Свыше 100



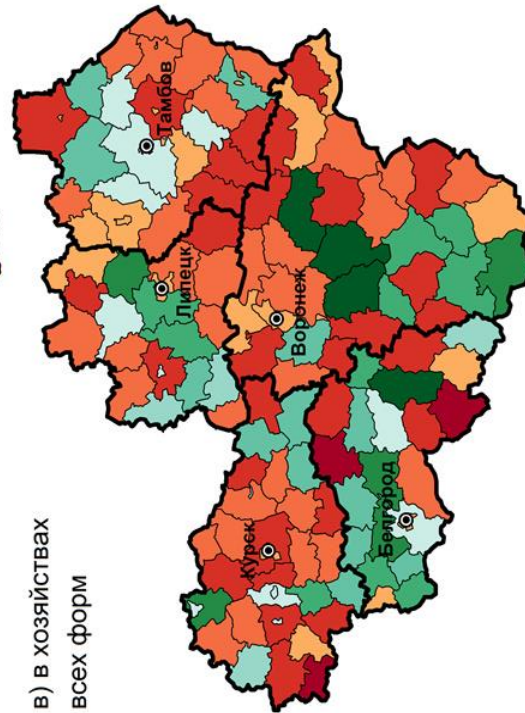
б) 2020 г.



Прирост  
производства,  
тыс. тонн

более - 10
От -10 до -5
От -5 до -2
От -2 до 0
От 0 до 2
От 2 до 5
От 5 до 10
От 10 до 20
От 20 до 50
более 50

в) в хозяйствах  
всех форм



г) в сельскохозяйственных  
организациях

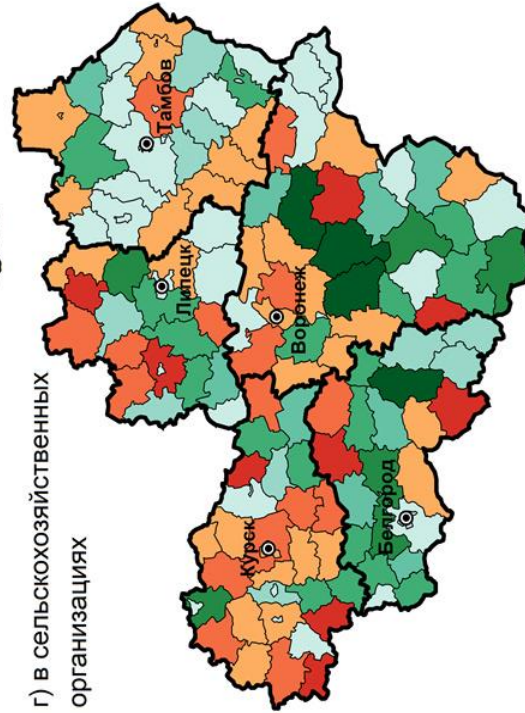


Рис. 1. Производство молока (а, б) в хозяйствах всех форм и его абсолютный прирост за 10 лет (в, г) в ЦФР в 2010–2020 гг.  
Источник: построено авторами по данным [1]. Основано на OSM data ©OpenStreetMap (License: ODbL 1.0).



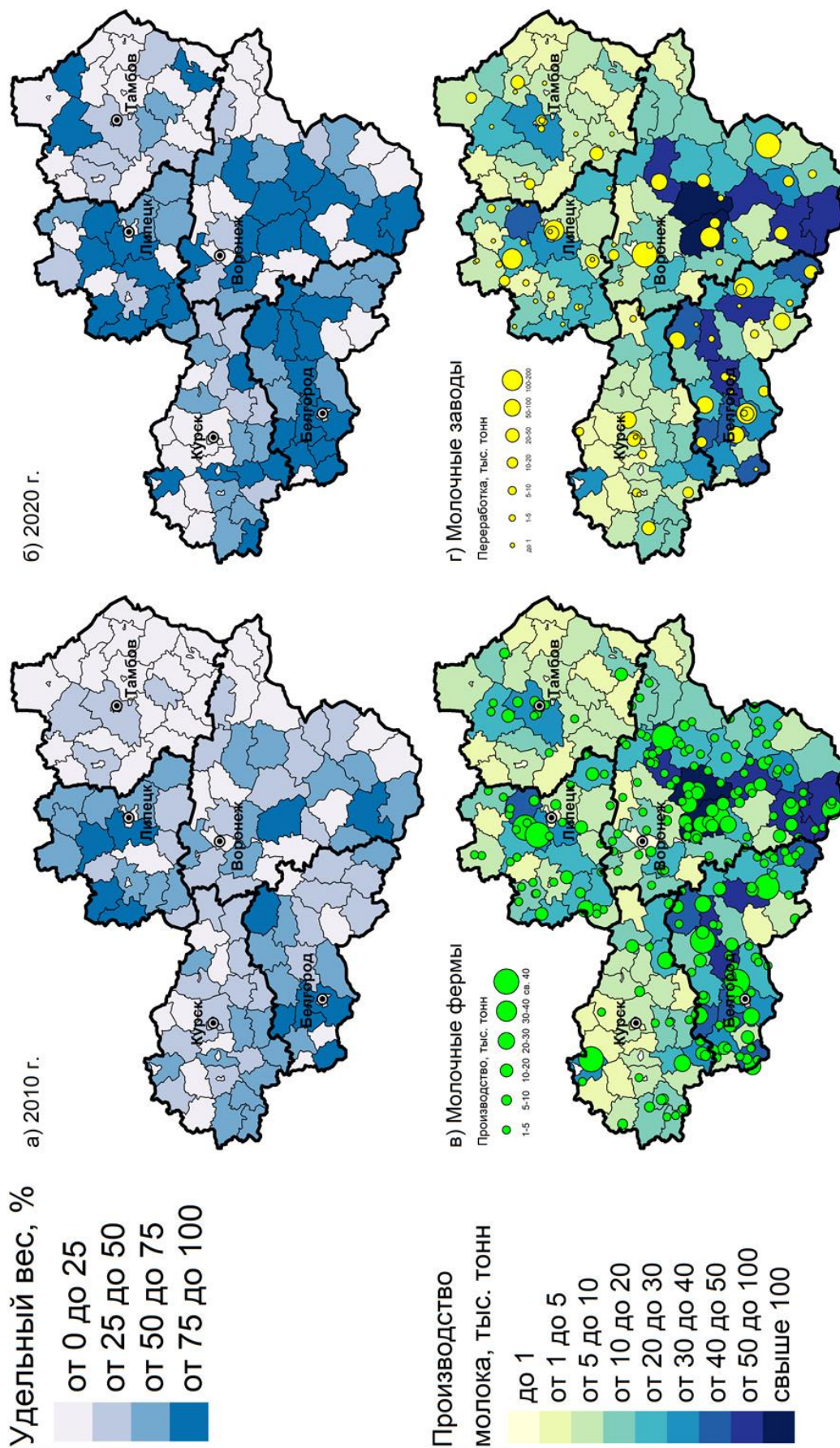


Рис. 2. Доля производства молока сельскохозяйственными организациями в 2010–2020 гг. (а, б), концентрация молочных ферм (в) и молочных заводов (г) в 2020 г. в ЦЧР

Источник: построено авторами по данным [1 и 6]. Основано на OSM data ©OpenStreetMap (License: ODbL 1.0).



Что касается Белгородской области, то там производство молока имеет достаточно хорошую динамику, территориально, впрочем, неравномерную. Заметна концентрация отрасли в западной и центральной частях региона, вокруг Белгородской агломерации и транспортно-транзитного коридора автодороги М2 «Крым». Концентрация ослабевает на юго-востоке по оси Шебекино-Вейделевка. Видимо, сказывается комплекс проблем: логистические сложности в приграничных регионах, удаленность от наиболее населенных территорий области и крупнейших центров переработки. Также следует отметить значительное сокращение производства молока в окрестностях Старооскольско-Губкинской агломерации, что обуславливается продолжающейся урбанизацией этих территорий и снижением привлекательности молочной отрасли ввиду их металлургическо-сырьевой специализации (в том числе с позиций экологичности продукции).

Наиболее значимый рост молочного производства за рассматриваемый промежуток времени отмечен в Воронежской области, его пространственный паттерн также продемонстрировал существенные изменения. Произошло постепенное смещение концентрации отрасли из центральных и южных районов в окрестности основных транспортных артерий макрорегиона – автодороги М4 «Дон» и Юго-Восточной железной дороги; на картограмме (рис. 1, б) хорошо различима «полоса» территорий с высоким уровнем производства, сформированная Аннинским, Бобровским, Лискинским, Павловским, Верхнемамонским, Россошанским и Кантемировским районами. Эти же районы (вместе с Хохольским и Каменским) обеспечили прирост производства молока в области за рассматриваемый период (рис. 1, в). В других районах области отмечено сокращение молочной отрасли и прежде всего за счет малых форм хозяйствования, которое пока не удалось компенсировать развитием корпоративного сектора (рис. 1, г).

Визуально в регионе определяются две зоны снижения производства. Первая из них формируется вокруг Воронежской агломерации (рис. 1, в), что, по всей видимости, обусловлено процессом урбанизации входящих в нее территорий, высокой привлекательностью других вариантов использования земельных угодий (логистика, девелопмент и др.), развитием рекреационной направленности сельской местности, антропогенным давлением мегаполиса, а также высокой степенью проникновения торговых сетей, обеспечивающих население доступной молочной продукцией в широком ассортименте. Другая зона снижения – периферия региона, прежде всего – восточная. Сельское население этих территорий сокращается и стареет, что обуславливает неизбежный упадок сектора молочных хозяйств населения. На северо-востоке области играет свою роль близкое расположение крупных городов, создающих для сельского населения альтернативы проживания и занятости: хорошо заметна обширная зона падения производства в границах сектора Воронеж-Липецк-Тамбов-Борисоглебск (рис. 1, в). Восточная периферия Воронежской области характеризуется худшей транспортной связанностью, менее благоприятными для сельского хозяйства природно-климатическими условиями, ориентацией крупных сельхозтоваропроизводителей на выращивание сахарной свеклы, подсолнечника, зерна. Кроме того, в восточной периферии присутствует (рис. 2, г) лишь один крупный переработчик молока – Калачеевский сыродельный завод (холдинг «Молвест»), ориентированный прежде всего на сырье, производимое в центральной и южной частях региона.

Пространственная дифференциация молочного скотоводства в ЦЧР сопровождалась его значительными структурными изменениями (табл. 1, рис. 2). В целом по макрорегиону значительно сократилось производство в малых формах хозяйствования – крестьянских (фермерских) хозяйствах и хозяйствах населения – с 1087,3 тыс. т в 2010 г. до 671,5 тыс. т в 2020 г. Данное сокращение сопровождалось ростом производства в корпоративном секторе, что в совокупности привело к снижению общего удельного веса малых форм хозяйствования с 51,2% до 26,5%. Данные картограммы (рис. 2, а и 2, б)

показывают существенный рост доли сельскохозяйственных организаций и их преобладание практически по всей территории Белгородской области, в центральных и южных районах Воронежской области, на западе и в центре Липецкой области, в западной и южной частях Курской области, в ряде районов Тамбовской области. Сравнительные территориальные паттерны на картограммах производства (рис. 1, б) и доли категорий хозяйств (рис. 2, б), можно сделать вывод, что концентрация и развитие молочной отрасли в настоящее время происходит за счет корпоративного сектора и прежде всего – за счет наиболее крупных предприятий (рис. 2, в). Отметим, что для ключевых производящих территорий характерно наличие крупных производственных единиц, производящих более 10 тыс. т молока в год. В Белгородской, Курской и Липецкой областях «производящий каркас» во многом опирается на мегафермы, в Воронежской области корпоративный сектор более диверсифицирован – крупнейшие предприятия в зоне «высокого уровня производства» соседствуют с большим количеством более мелких. Также необходимо отметить малое количество крупных производителей молока в Тамбовской области, основным местом сосредоточения которых являются окрестности региональной столицы.

Реализация значимых производственных проектов в молочной отрасли ЦЧР происходила преимущественно в рамках крупных интегрированных агропромышленных формирований (далее по тексту – агрохолдингов) и в условиях массивированной федеральной и региональной поддержки (табл. 2).

**Таблица 2. Концентрация крупнейших производителей молока в регионах ЦЧР в 2020 г.**

Предприятия	Районы
<b>Белгородская область</b>	
Агрохолдинги: Зеленая долина, Авида, Томмолоко, БЭЗРК, Агробелогорье, Сахарный комбинат Большевик, Ренна	Чернянский, Корочанский, Старооскольский, Белгородский, Грайворонский, Ивнянский, Ракитянский, Яковлевский, Прохоровский, Новооскольский, Алексеевский, Вейделевский
Крупные независимые предприятия	Красногвардейский, Белгородский, Ровеньский, Губкинский, Ракитянский, Чернянский, Борисовский, Вейделевский, Шебекинский, Яковлевский, Корочанский
<b>Воронежская область</b>	
Агрохолдинги: ЭкоНива, Молвест, Дон-Агро, Доминант, Агротех-гарант, Продимекс, РАВ АГРО, Апротек, Ангстрем, Пересвет-Инвест, Авангард-Агро, Детскосельский	Лискинский, Бобровский, Аннинский, Россошанский, Кантемировский, Павловский, Каменский, Хохольский, Верхнемамонский, Ольховатский, Таловский, Каширский, Бутурлиновский, Рамонский, Эртильский, Воробьевский
Крупные независимые предприятия	Павловский, Калачеевский
<b>Курская область</b>	
Агрохолдинги: Агропромкомплектация, Мансурово, Агрокомпания Русь, Мираторг, ЭкоНива	Железногорский, Советский, Глушковский, Рыльский, Тимский, Щигровский
Крупные независимые предприятия	Беловский, Большесолдатский, Мантуровский, Кореневский, Горшеченский, Хомутовский
<b>Липецкая область</b>	
Агрохолдинги: ЭкоПтица, Липецкстрой, Трио, Лимак, Данон, Агроинвест, Сюдден, Доминант	Липецкий, Лебединский, Тербунский, Добринский, Измалковский, Елецкий, Добровский, Долгоруковский, Становлянский, Чапыгинский, Хлевенский, Усманский
Крупные независимые предприятия	Грязинский
<b>Тамбовская область</b>	
Агрохолдинги: Агрофирма Жупиков, Аграрика, КДВ Групп	Тамбовский, Сосновский, Уваровский
Крупные независимые предприятия	Тамбовский

Источник: составлено авторами по данным [6].

Информация, приведенная в таблице 2, согласуется с данными рисунка 2, при визуальном анализе картограмм: например, связанная территориальная зона высокого уровня производства молока в Воронежской области (рис. 2, в) в общих чертах соответствует территории, на которой ведут работу крупнейшие региональные агроинтеграторы: ЭкоНива, Молвест, Дон-Агро, Доминант, Агротех-гарант, Продимекс и др. Переработка также сконцентрирована в руках агрохолдингов: два крупнейших завода в Воронеже и Калаче с общим объемом потребляемого сырья 430 тыс. т контролирует Молвест, два следующих по величине – Доминант («Лискинский ГМЗ», 102 тыс. т) и ЭкоНива («Аннинское молоко», 67 тыс. т). В то же время уровень поддержки независимых производителей молока в регионе невысок: крупные независимые предприятия, производящие более 5 тыс. т в год функционируют лишь в двух районах – Павловском и Калачеевском.

Подавляющее преобладание интегрированных аграрных формирований в корпоративном секторе молочного производства характерно и для Липецкой области. При этом следует отметить, что в силу региональной специфики сельского хозяйства молочная отрасль не является основным производственным направлением для большинства агрохолдингов, и (за исключением Данон) они не обладают собственными перерабатывающими мощностями. Две крупнейшие мегафермы («СХП Мокрое» и «КолоСС») расположены в соседних Лебедянском и Липецком районах, рядом с региональной столицей и двумя ключевыми центрами переработки – «Лебедяньмолоко» и «МК Липецкий» (Данон) (рис. 2, в и 2, г). Единственный крупный независимый производитель молока находится также рядом с областным центром – в Грязинском районе.

Несколько иная картина наблюдается в Белгородской области: несмотря на значительное присутствие агрохолдингов (Зеленая долина, Авида, Томмолоко и др.), в регионе достаточно много крупных независимых производителей, в т. ч. и с мегафермами. Данные проекты реализуются при широкой финансовой и организационной поддержке региональных властей на основе уже существующих успешных производств (характерный пример – четыре крупных независимых производителя в Красногвардейском районе). Отмечается концентрация холдингового сектора в наиболее населенных западной и центральной частях региона (в окрестностях Белгородской и Старооскольско-Губкинской агломераций). Там же сосредоточены основные перерабатывающие мощности – в Белгороде, Прохоровском, Яковлевском и Старооскольском районах (заводы Lactalis, Hochland, Авида и Томмолоко). В юго-восточной части региона концентрируются преимущественно независимые производители, ориентированные на крупных переработчиков в Алексеевке, Валуйках и Ровеньках (заводы Ренна, ДМС, Сырный дом).

Производство молока в Курской области концентрируется в основном в ее юго-западной, южной и юго-восточной частях, вдоль границы с Белгородской областью, ориентируясь, по-видимому, на перерабатывающие мощности соседнего региона. Как правило, это крупные независимые предприятия или небольшие агропромышленные интегрированные формирования (Мансурово, Русь). На севере региона, в Железногорском районе, обособленно функционирует одна из крупнейших в ЦЧР мегаферм – МК Троицкий, входящий в межрегиональный холдинг ГК «Агропромкомплектация». Переработка молока в регионе не очень развита и сосредоточена главным образом вблизи столицы области.

Значительная часть молочной отрасли Тамбовской области сосредоточена в малых формах хозяйствования (табл. 1, рис. 2, б); корпоративный сектор уверенно преобладает лишь в пяти районах. В регионе нет специализированных молочных холдингов, да и само присутствие холдинговых структур в отрасли невелико. Крупнейшие производители преимущественно сосредоточены рядом со столицей региона, в Сосновском, Тамбовском и Пичаевском районах и в большей степени ориентированы на местную переработку.

Количественное районирование в совокупности с результатами изучения статистических данных за 2010-2020 гг. позволило выявить наглядную пространственную дифференциацию молочной отрасли на уровне макрорегиона и сформулировать гипотезы о наличии: 1) пространственной обусловленности локализации производства молока, 2) пространственно обусловленных структур (пространственных кластеров), по крайней мере, в Белгородской и Воронежской областях. Для проверки данной гипотезы для ЦЧР были рассчитаны глобальные индексы Морана производства молока в 2010 и 2020 гг.:

$$I_{2010} = 0,251 \text{ (Z-оценка} = 6,295, \text{ p-value} < 0,001) \text{ и}$$

$$I_{2020} = 0,196 \text{ (Z-оценка} = 5,618, \text{ p-value} < 0,001).$$

Учитывая низкие показатели  $p$ -уровня значимости, можно говорить о наличии статистически значимой пространственной автокорреляции по производству молока в ЦЧР. Учитывая, что глобальный индекс Морана весьма чувствительно снижается в ответ на рост среднего количества соседств в матрице пространственных весов (в использованной нами матрице этот параметр равен 9) и на рост численности территориальных единиц (в нашем случае – 139), можно говорить о том, что наблюдаемая пространственная автокорреляция является существенной. Можно утверждать, что территориальные объекты ЦЧР второго уровня (районы, населенные пункты областного подчинения) с крупным и мелким производством молока действительно группируются по пространственному признаку. Снижение показателя глобального индекса Морана свидетельствует об уменьшении степени пространственной автокорреляции молочной отрасли за рассматриваемый период, возможно, за счет расслоения существовавших в 2010 г. пространственно обусловленных структур.

Для выявления границ пространственных кластеров по производству молока был проведен анализ диаграммы рассеяния Морана на основе формул (5) – (7), результаты которого представлены на рисунке 3. На картограмме для 2010 г. (рис. 3, а и 3, б) хорошо заметен массив районов, производящих объем молока выше среднего по макрорегиону и окруженных такими же районами (*HH*). Данный массив охватывает значительную часть Воронежской области, практически всю Белгородскую область, Мантуровский и Горшеченский районы Курской области. Также хорошо заметна «полоса» районов с высоким производством в окружении районов с низким производством (*HL*), формирующаяся в Липецкой и Воронежской областях по оси Становое-Хохольский. Очаги *HL* («горячие точки») отмечаются вокруг столиц Курской, Липецкой и Тамбовской областей, а также на западе Курской области. Кроме того, *HL*-районы наблюдаются на окраинах *HH*-массива. Большая часть Курской и Тамбовской областей, ряд северных и центральных районов Липецкой области, центральная и восточная часть Воронежской агломерации и северо-восток Воронежской области рассматриваются в качестве периферии с уровнем производства ниже среднего и подобными им соседями.

В 2020 г. в результате значительного роста корпоративного сектора молочной отрасли, сопровождающегося процессами усиления агропромышленной интеграции, а также существенного сокращения производства молока в малых формах хозяйствования, *HH*-массив начинает уменьшаться и распадаться по границе Белгородской и Воронежской областей. Меняется конфигурация *HL*-массива в Липецкой области: производство концентрируется в ее центральной части и на юго-востоке. Исчезают старые «горячие точки» на западе и в центре Курской области, появляется новая – в Железнодорожном районе. Расширяется «горячая точка» вокруг Тамбова. Возрастает количество *LL*- и *LH*-территорий; в целом пространственная структура молочной отрасли становится более разреженной, с двумя ярко выраженными локализациями: в Белгородской области и в центральных и южных районах Воронежской области.

Предполагаемые границы кластеров и типы их членов были определены на основе диаграммы рассеяния Морана, расчета значений локальных индексов Морана, стандартизированных значений производства молока и значений пространственного лага для каждой территориальной единицы согласно формулам (5) – (10).

В 2010 г. были выявлены следующие пространственно обусловленные образования (рис. 3, в).

1. Белгородский кластер, охватывающий большую часть Белгородской области, Беловский, Мантуровский и Горшеченский районы Курской области, Нижнедевицкий район Воронежской области. Дифференциация по производству внутри кластера не очень высока; ядро кластера (на картограмме окрашено наиболее интенсивно) составили Старооскольский, Чернянский, Белгородский, Яковлевский, Шебекинский, Грайворонский, Красногвардейский и Ровеньский районы.

2. Воронежский кластер, охватывающий преимущественно центральную и южную часть области, ряд районов на востоке и севере, а также Добринский район Липецкой области. Ядро кластера составили Лискинский, Павловский, Россошанский, Калачеевский, Аннинский и Эртильский районы.

3. Липецкий кластер. Несмотря на то, что на картограмме он представлен тремя отдельными группами районов, использованная нами мера смежности (минимальное время в пути по автомобильным дорогам между главными населенными пунктами территориальных единиц) позволяет интерпретировать их в качестве единой пространственно обусловленной структуры. Данный кластер, состоящий из районов *HL*-типа, не имеет ярко выраженного ядра, окружен большой *LL*-зоной.

4. Прочие: изоляты в Курской и Тамбовской области. Представлены «горячими точками» производства вокруг региональных столиц и на западе Курской области (Рыльский, Глушковский и Кореневский районы).

Выделенная пространственно обусловленная структура производства молока в ЦЧР в целом сохранилась в 2020 г., однако в составе кластеров произошли определенные изменения (рис. 3, г; табл. 3). Ее текущее состояние представляет больший интерес в рамках исследования, поэтому она описана более подробно.

1. Белгородский кластер несколько изменил свою конфигурацию: теперь в нем видно более связанное ядро, вытянутое с запада на восток по оси Грайворон-Горшечное. Ядро белгородского кластера характеризуется близостью к крупнейшим населенным пунктам и перерабатывающим предприятиям региона, а также транспортному коридору, обеспечивающему связь с центром (автодорога М2 «Крым»), востоком (европейский маршрут Е-38) и югом страны (европейский маршрут Е-38 к автодороге М4 «Дон»). В 2020 г. на территориях ядра было произведено 52,7% молока белгородского кластера, прирост производства к уровню 2010 г. также составил более 50% (табл. 3). Тело белгородского кластера сформировали районы центральной части области, а также Алексеевский и Красненский районы на востоке. Они обеспечили 20,9% производства молока в 2020 г., динамика к уровню 2010 г. была отрицательной. Видимо, данные территории исчерпали пределы роста молочной отрасли и даже в некотором роде служат ресурсной базой для ядра кластера.

Более динамично (+28% к уровню 2010 г.) развивались края кластера, в производстве которых высока роль крупных независимых предприятий: Ивнянский, Ровеньский и Вейделевский районы Белгородской области, Беловский, Большесолдатский, Мантуровский и Советский районы Курской области. Они обеспечили 26,4% общего объема производства молока по белгородскому кластеру. Согласно формуле (10) точки роста кластера определялись при пороговом значении прироста 50% с 2010 по 2020 г. В совокупности с условием превышения объема производства над средним по кластеру, критерию точек роста соответствовали члены ядра кластера – Красногвардейский, Корочанский и Яковлевский районы. Среди территорий с уровнем производства ниже среднего по кластеру наиболее динамично производство росло в Ракитянском и Красненском районах Белгородской области и Большесолдатском районе Курской области.

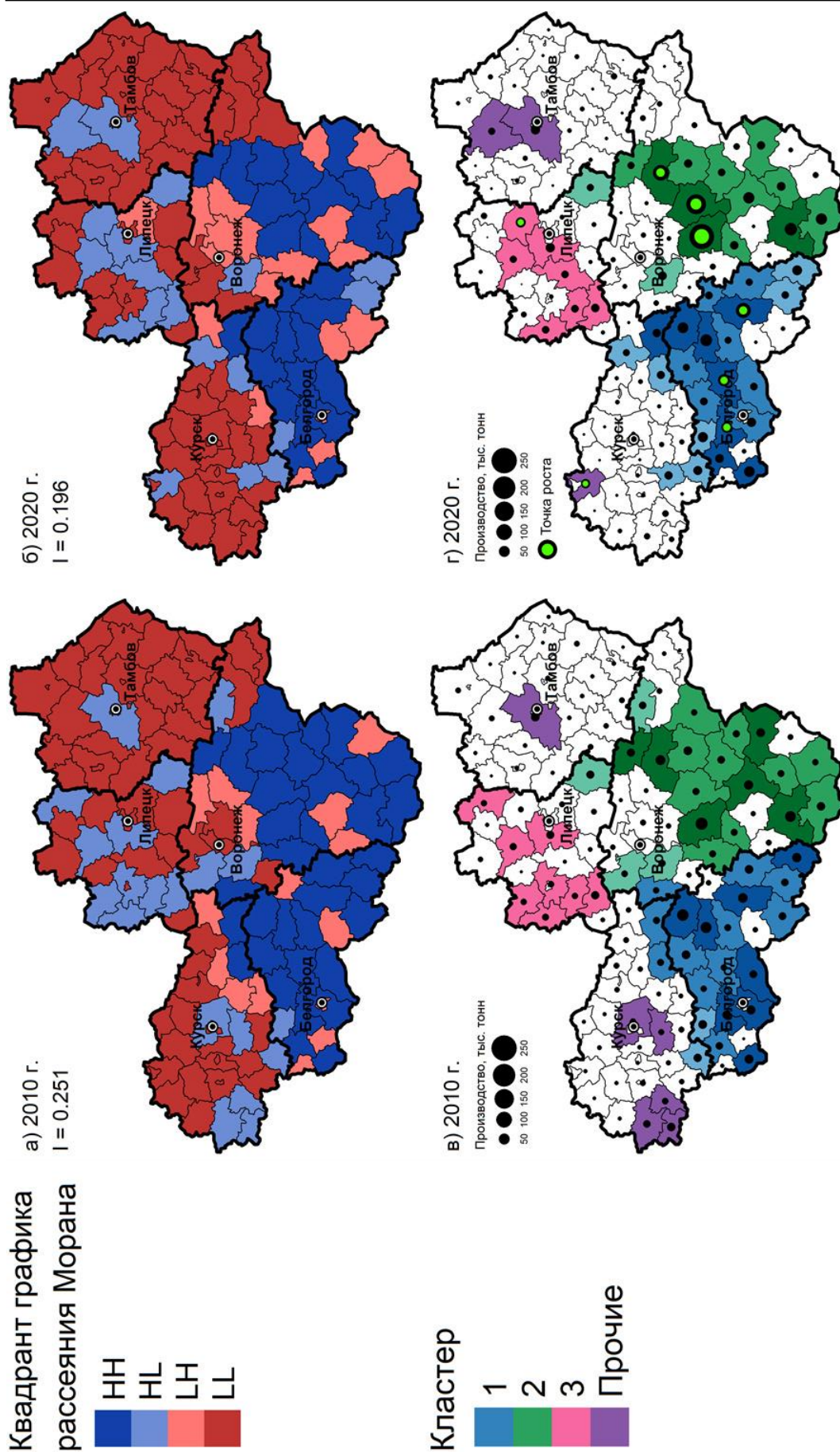


Рис. 3. Пространственная кластеризация производства молока в хозяйствах всех форм: на основе локальных индексов Морана (а, б) и анализа значений переменных и пространственных лагов (в, г) в ЦПР в 2010–2020 гг.  
Источник: построено авторами по данным [1]. Основано на OSM data ©OpenStreetMap (License: ODbL 1.0).



Таблица 3. Пространственные кластеры высокого уровня производства молока в ЦЧР в 2020 г., тыс. т

Кластеры	Производство, тыс. т	Удельный вес в производстве, %			Прирост к 2010 г., %
		СХО	К(Ф)Х	ХН	
<b>1. Белгородский кластер</b>	<b>787,6</b>	<b>80,8</b>	<b>4,6</b>	<b>14,6</b>	<b>31,0</b>
<b>Точки роста:</b> Красногвардейский (+127%), Корочанский (+273%), Яковлевский (+77%). <b>Динамичные районы:</b> Ракитянский (+50%), Большесолдатский (+130%), Красненский (+89%).					
<b>Ядро:</b> Красногвардейский (91,6), Корочанский (59,9), Чернянский (58,0), Яковлевский (49,9), Старооскольский (48,7), Грайворонский (47,6), Ракитянский (32,8), Горшеченский (26,4)	414,9	83,3	4,1	12,6	53,5
<b>Тело:</b> Белгородский (37,0), Красненский (24,0), Прохоровский (23,5), Шебекинский (21,8), Алексеевский (20,2), Новооскольский (19,2), Губкинский (19,0)	164,7	76,5	4,9	18,6	-2,1
<b>Край:</b> Ивнянский (42,5), Ровеньский (40,2), Беловский (34,2), Большесолдатский (26,4), Мантуровский (24,7), Вейделевский (21,5), Советский (18,4)	208,0	79,1	5,3	15,6	28,0
<b>2. Воронежский кластер</b>	<b>861,3</b>	<b>89,3</b>	<b>2,1</b>	<b>8,6</b>	<b>93,9</b>
<b>Точки роста:</b> Лискинский (+290%), Бобровский (+613%), Аннинский (+127%). <b>Динамичные районы:</b> Кантемировский (+64%), Верхнемамонский (+64%), Каменский (+60%).					
<b>Ядро:</b> Лискинский (240,9), Бобровский (152,1), Аннинский (95,1), Россошанский (61,9)	550,0	95,5	0,5	4,0	217,8
<b>Тело:</b> Кантемировский (51,7), Павловский (51,5), Верхнемамонский (32,3), Каменский (29,5), Калачеевский (27,5), Таловский (27,5), Бутурлиновский (21,2), Эртильский (20,9)	262,1	78,9	4,7	16,3	16,5
<b>Край:</b> Хохольский (28,7), Добринский (20,5)	49,1	75,2	6,5	24,8	6,9
<b>3. Липецкий кластер</b>	<b>198,0</b>	<b>89,3</b>	<b>1,7</b>	<b>9,0</b>	<b>56,5</b>
<b>Точки роста:</b> Добровский (+235%) <b>Динамичные районы:</b> Задонский (+231%), Липецкий (+49%), Долгоруковский (+48%)					
<b>Тело:</b> Добровский (43,7), Липецкий (37,1), Тербунский (30,0), Долгоруковский (22,9), Измалковский (22,3), Задонский (21,4), Лебедянский (20,6)	198,0	89,3	1,7	9,0	56,5
<b>4. Тамбовский изолят</b>	<b>55,8</b>	<b>55,7</b>	<b>12,1</b>	<b>32,2</b>	<b>18,4</b>
<b>Динамичные районы:</b> Сосновский (+52%)					
Тамбовский (35,5), Сосновский (20,3)	55,8	55,7	12,1	32,2	18,4
<b>5. Железногорская точка роста</b> (36,9 тыс. т, +385%)	<b>36,9</b>	<b>96,3</b>	<b>0,4</b>	<b>3,3</b>	<b>385,3</b>

Источник: составлено авторами по данным [1].

2. Воронежский кластер за рассматриваемый период территориально уменьшился за счет недостаточно динамичного развития ряда регионов на периферии области, однако продемонстрировал наибольший совокупный объем производства молока (861 тыс. т) и наивысший темп прироста (93,9%). Ядро кластера сформировали четыре района с крупнейшим производством: Лискинский, Бобровский и Аннинский в центре региона и Россошанский на юге. Отметим, что центральные районы ядра являются также точками роста данного кластера и находятся в окрестностях пересечения ключевых транспортных коридоров ЦЧР – автодороги М4 «Дон», европейского маршрута Е-38 и Лискинского региона ЮВЖД. Ядро кластера также является региональным сосредоточением интегрированных агропромышленных формирований: на его территории производят и перерабатывают молоко агрохолдинги ЭкоНива, Молвест, Дон-Агро, Доми-

нант, РАВ АГРО, Агротех-гарант, Продимекс, ДМК Руссланд. В 2020 г. на территориях ядра было произведено 63,9% молока воронежского кластера, прирост производства к уровню 2010 г. составил более 218%.

В тело кластера вошли 8 районов Воронежской области, в основном окружающих ключевую часть ядра с южной стороны. Большинство из этих районов имеют хорошую транспортную доступность с автодорогой М4 «Дон» и расположены в центральной части воронежского Придонья в благоприятными для ведения молочного скотоводства погодно-климатическими условиями. В структуре корпоративного сектора молочной отрасли 2/3 принадлежит агрохолдингам, 1/3 – крупным и средним независимым предприятиям. Территории тела Воронежского кластера обеспечили 30,4% производства молока при небольшом темпе прироста – 16,5% за 10 лет. Наиболее динамично в данной части кластера развивались Кантемировский, Верхнемамонский и Каменский районы. В качестве территорий края Воронежского кластера были идентифицированы Хохольский район Воронежской области и Добринский район Липецкой области. В каждом из них есть по два крупных предприятия неспециализированных агрохолдингов, а также несколько мелких независимых предприятий. Очевидно, что они имеют худшие по сравнению с ядром и телом кластера условия для крупномасштабных инвестиций в молочную отрасль, но находятся в достаточной близости от крупных центров переработки молока. Районы края Воронежского кластера обеспечили в 2020 г. 5,7% совокупного производства молока при показателе прироста 6,9%.

В целом для Воронежского молочного кластера характерна картина усиления концентрации производства. Молочная отрасль «отступила» от Воронежской агломерации, а также с логистической периферии на востоке, юге и западе области. Перекресток широких транспортных коридоров позволяет доставлять сырое молоко и продукты его переработки на дальние расстояния прямо из центра региона, однако дальнейший рост производства, вероятнее всего, возможен за счет его развития в регионах тела кластера или даже за его пределами, что может потребовать адекватного расширения перерабатывающих или транспортных мощностей.

3. Липецкий кластер существенно меньше – в 3,5–4 раза – Белгородского и Воронежского. Он оказался самым неустойчивым, и за рассматриваемый период его конфигурация существенно изменилась. Отмечается концентрация производства вокруг региональных центров переработки молока (Лебедянь, Липецк) – в Добровском, Липецком, Задонском и Лебедянском районах. На западе области высокий уровень производства молока обеспечили мегафермы агрохолдингов ГК «Трио» (Тербунский и Долгоруковский районы) и ГК «Лимак» (Измалковский район); они также ориентированы на поставки молока заводам в Липецке и Лебедяни. Кластер сформирован *HL*-территориями, и ярко выраженное ядро в нем не определяется. Точкой роста молочной отрасли можно считать Добровский район, в котором был реализован инвестиционный проект ГК «Агроинвест». Хорошие темпы роста производства отмечены в Задонском, Липецком и Долгоруковском районах.

4. Тамбовский изолят имеет характер «горячей точки» – небольшой территориальной концентрации производства, окруженной территориями с низкой концентрацией. В данном случае производство сосредоточено вокруг областного центра, в Тамбовском и Сосновском районах, и направлено, по большей части, на внутрорегиональные переработку и потребление. За рассматриваемый период достаточно быстро росло производство в Сосновском районе на предприятиях регионального агрохолдинга «Агрофирма Жупиков», обладающего собственным племенным репродуктором и розничной сетью.

5. На севере Курской области, в Железногорском районе, отмечается изолированная точка роста. Здесь реализуется инвестиционный проект мегафермы крупного межрегионального молочного холдинга ГК «Агропромкомплектация» на 6 000 гол.



дойного стада. В настоящее время предприятие получило статус племенного репродуктора, что создает базу для экспансии агрохолдинга в соседние районы Курской области (начата реализация инвестиционного проекта в Дмитриевском районе) и перспективу формирования нового молочного кластера.

Также в процессе пространственного автокорреляционного анализа были выявлены пространственные зоны низкого уровня производства молока, в них вошли территории *LL*- и *LH*-типов. Зоны низкого уровня производства отмечены во всех регионах ЦЧР, но в основном сосредоточены на севере – в Тамбовской, Курской и Липецкой областях. Здесь наблюдаются массивы *LL*-типа – зоны наибольшей депрессии, территории с низким производством, окруженные территориями с низким производством. Охват депрессивных зон за рассматриваемое десятилетие несколько расширился – в западной и центральной частях Курской области, на севере Липецкой области, на севере и востоке Воронежской области. В силу тех или иных причин – худших природно-климатических условий, меньшей транспортной доступности, антропогенного давления агломераций и тяжелой промышленности, недостаточной государственной поддержки – корпоративный сектор молочной отрасли развивается хуже, в структуре производства преобладают малые формы хозяйствования. Ввиду сокращения и старения сельского населения малые формы хозяйствования снижают производство молока, формируя негативный тренд молочной отрасли на этих территориях.

Отталкиваясь от концентрации территорий *LL*- и *LH*-типов, представляется целесообразным разделить зоны депрессии молочной отрасли на 4 основных части (табл. 4).

Таблица 4. Зоны низкого уровня производства молока в ЦЧР в 2020 г., тыс. т

Зоны	Производство, тыс. т	Удельный вес в производстве, %			Прирост к 2010 г., %
		СХО	К(Ф)Х	ХН	
<b>1. Западная зона</b>	<b>162,6</b>	<b>45,2</b>	<b>14,3</b>	<b>40,5</b>	<b>-39,2</b>
Кореневский (16,8), Рыльский (15,3), Глушковский (11,5), Обоянский (11,3), Медвенский (10,4), Тимский (10,0), Курский (8,7), Хомутовский (8,6), Щигровский (8,3), Курчатовский (7,8), Черемисиновский (7,3), Солнцевский (7,1), Льговский (6,7), Суджанский (5,4), Пристенский (4,5), Золотухинский (4,2), Октябрьский (3,7), Коньшѐвский (3,6), Фатежский (3,2), Поныровский (3,0), Дмитриевский (2,7)					
<b>2. Центральная зона</b>	<b>148,8</b>	<b>46,9</b>	<b>17,0</b>	<b>36,1</b>	<b>-34,2</b>
Чаплыгинский (16,1), Становлянский (13,7), Нижнедевицкий (11,6), Рамонский (11,0), Новоусманский (10,6), Грязинский (9,6), Семилукский (9,2), Усманский (9,1), Каширский (8,8), Елецкий (8,4), Воловский (7,2), Данковский (7,0), Панинский (6,7), Хлебенский (6,4), Касторенский (4,3), Верхнехавский (3,6), Краснинский (1,6), Лев-Толстовский (1,6)					
<b>3. Восточная зона</b>	<b>184,3</b>	<b>31,9</b>	<b>13,2</b>	<b>54,9</b>	<b>-26,6</b>
Уваровский (16,2), Новохопѐрский (13,3), Терновский (13), Грибановский (12,3), Пичаевский (11,0), Никифоровский (10,6), Сампурский (9,7), Инжавинский (9,5), Мичуринский (8,7), Знаменский (8,3), Моршанский (8), Мордовский (7,7), Поворинский (5,7), Бондарский (5,6), Рассказовский (5,5), Токарѐвский (5,4), Умѐтский (4,3), Кирсановский (4,2), Ржаксинский (3,9), Жердевский (3,5), Борисоглебский (3,3), Петровский (3,1), Староорьевский (3,1), Первомайский (2,9), Гавриловский (2,4), Мучкапский (1,7)					
<b>4. Южная зона</b>	<b>103,4</b>	<b>17,7</b>	<b>18,5</b>	<b>63,8</b>	<b>-33,1</b>
Воробѐвский (16,7), Богучарский (14,5), Острогожский (14,4), Петропавловский (9,4), Валуйский (9,1), Ольховатский (9,0), Борисовский (8,8), Краснояружский (6,4), Подгоренский (5,1), Репѐвский (5,0), Волоконовский (4,8)					

Источник: составлено авторами по данным [1].

1. В западную зону низкого уровня производства вошел 21 район Курской области. Корпоративный сектор представлен преимущественно независимыми предприятиями с годовыми объемами производства до 5 тыс. т. В среднем за 10 лет производство сократилось почти на 40%. В западной и северо-западной частях данной зоны просматривается перспектива формирования нового кластера высокого уровня производства за счет развития агрохолдингов Агрокомпания Русь, Мираторг, ГК «Агропромкомплектация», а также ряда крупных независимых предприятий в Глушковском, Кореневском, Рыльском, Хомутовском, Дмитриевском и Железногорском районах. Развитие существующих интеграционных проектов в Щигровском и Тимском районах дают перспективу их возможного вхождения в Белгородский кластер.

2. Центральная зона сформирована окрестностями Воронежской и Липецкой агломераций, а также периферийными районами Липецкой области (всего 18 районов). Близость двух региональных столиц в силу комплекса причин (урбанизированность, рекреационный характер сельской местности, дисперсность и дороговизна сельскохозяйственных земельных угодий, конкуренция со стороны мясного скотоводства и др.) затрудняет реализацию крупных инвестиционных проектов агрохолдингами.

В молочном секторе преобладают малые формы хозяйствования, высока доля небольших независимых предприятий. Сокращение производства за рассматриваемый период составило более 34%. В ближайшее время перспективу присоединиться к соседним молочным кластерам имеют Елецкий район (холдинг «Экоптица») и Каширский район (холдинг «Пересвет-Инвест»). В качестве потенциальных территорий расширения Липецкого молочного кластера можно рассматривать Становлянский, Краснинский, Данковский, Лев-Толстовский и Чаплыгинский районы. Реализация крупных инвестиционных проектов молочного скотоводства в окрестностях Воронежской агломерации представляется менее вероятной.

3. Восточная зона сформирована районами Тамбовской области и северо-востока Воронежской области. Крупных производителей на этих территориях мало, преобладают малые формы хозяйствования. С 2010 по 2020 г. производство молока сократилось на 27%. Возможно перспективное формирование молочного кластера за счет присоединения к Тамбовскому изоляту Пичаевского (холдинг «КДВ Групп») и Моршанского (будущий инвестиционный проект холдинга «Агрофирма Жупиков» на базе СХПК «Красный выборжец») районов. Возможно образование «горячей точки» в Уваровском районе (холдинг «Аграрика»).

4. В южную зону депрессии вошли разрозненные районы Воронежской и Белгородской областей. Для них характерно непосредственное соседство с районами Белгородского и Воронежского молочных кластеров, однако в силу ряда причин (логистических, природно-климатических и др.) в молочной отрасли на этих территориях крупные производства не развиваются; удельный вес малых форм хозяйствования превышает 80%.

Учитывая успешный опыт быстрого наращивания производства молока в данных областях, развитие молочного скотоводства на территориях южной зоны должно стать объектом особого внимания со стороны региональных властей. Для большинства территорий данной зоны просматривается отдаленная перспектива присоединения к Белгородскому или Воронежскому кластерам; в ближайшей перспективе это возможно для Ольховатского (холдинг «РАВ АГРО») и Борисовского районов (ООО «Борисовские фермы»).

**Выводы**

По результатам исследования был выделен и интерпретирован ряд пространственно обусловленных структур локализации молочного скотоводства на территории Центрально-Черноземного региона, в том числе три крупных пространственных кластера с высоким уровнем производства.

Выявленные пространственные кластеры и их специфика могут учитываться при планировании мер по дальнейшему переходу молочной отрасли к кластерной модели агропромышленной интеграции, а также в целях формирования региональных, межрегиональных, территориальных и муниципальных программ пространственного развития.

Среди возможных направлений подобных мер авторы видят:

- 1) стимулирование интеграции районов южной зоны низкого уровня производства в состав Белгородского и Воронежского кластеров;
- 2) наращивание интеграционных процессов между Белгородским кластером и восточными и южными районами Курской области;
- 3) расширение, углубление и диверсификацию переработки молока в Воронежском кластере;
- 4) стимулирование образования новых молочных кластеров на западе Курской и на севере Тамбовской областей, усиление Липецкого кластера;
- 5) реализацию межрегионального проекта развития восточной депрессивной зоны, направленного на производство органической продукции и гастрономических специалитетов, развитие регионального молочного эко-социального бренда в комплексе с местными туристическими маршрутами и дестинациями;
- 6) развитие локальных молочных продуктов в центральной депрессивной зоне на базе локаворских принципов, стимулирование местных продовольственных инициатив, агро-, гастро- и событийного туризма, разработку локальных молочных брендов и поддержку локального общественного питания в туристических дестинациях территории (Воронеж, Липецк, Елец, Задонск, Рамонь, Воронежский биосферный заповедник, усадьбы Липецкой области). Авторы планируют также использовать результаты исследования для прогнозирования развития молочного производства и молочного рынка на территории ЦЧР.

---

**Список источников**

1. База данных показателей муниципальных образований: объединенные и обработанные данные за 2006–2020 гг. [Электронный ресурс] // Росстат; обработка: Веденьков М.В., Комин М.О., Цыганков М.В. Инфраструктура научно-исследовательских данных. 2022. URL: <https://data-in.ru/data-catalog/datasets/115/> (дата обращения: 05.09.2022).
2. Наумов И.В, Седельников В.М. Межрегиональные взаимосвязи на рынке молочной продукции России: пространственные полюса роста // *Journal of New Economy*. 2021. № 2. С. 103–124. DOI: 10.29141/2658-5081-2021-22-3-6.
3. Окунев И.Ю. Основы пространственного анализа: монография. Москва: Изд-во «Аспект Пресс», 2020. 255 с.
4. Производство молока в хозяйствах всех категорий. Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС) [Электронный ресурс] // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики (Росстат). URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/40694> (дата обращения: 05.09.2022).
5. Улезько А.В., Недиков К.Д. Об особенностях перехода к кластерной модели агропромышленной интеграции // Актуальные проблемы финансов, денежного обращения и кредита в аграрной сфере: материалы национальной конференции, посвященной 25-летию кафедры финансов и кредита Воронежского государственного аграрного университета (Воронеж, 28 сентября 2021 г.). Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. С. 169–179.
6. Центр изучения молочного рынка [Электронный ресурс] // *The Dairy News*. Сайт DIA. URL: <https://dairynews.today/company/country/russia/stat/> (дата обращения: 05.09.2022).
7. Anselin L. Local Indicators of Spatial Association – LISA // *Geographical Analysis*. 1995. Vol. 27(2). Pp. 93–115. DOI: 10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x.
8. Knox E.G. Detection of clusters // In Elliot P. (ed) *Methodology of enquiries into disease clustering*. Small Area Health Statistics Unit. London, 1989. Pp. 17–20.

9. Koczcwaska K. Applied Spatial Statistics and Econometrics: Data Analysis in R. 1<sup>st</sup> edition. London: Routledge, 2020. 620 p. DOI: 10.4324/9781003033219.
10. Moran P. Notes on Continuous Stochastic Phenomena // *Biometrika*. 1950. Vol. 37(1/2). Pp. 17–23. DOI: 10.2307/2332142.
11. OSRM: Open Source Routing Machine // Official web-site of OSRM. URL: <https://project-osrm.org/>.

## References

1. Baza dannykh pokazatelej munitsipalnykh obrazovaniy: ob"edinennye i obrabotannye dannye za 2006-2020 gg. Rosstat; obrabotka: Vedenkov M.V., Komin M.O., Tsygankov M.V. Infrastruktura nauchno-issledovatel'skikh dannykh. ANO «TsPUR» [Database of indicators of municipalities: combined and processed data for 2006-2020. Rosstat; edited by: Vedenkov M.V., Komin M.O., Tsygankov M.V. Research Data Infrastructure]. URL: <https://data-in.ru/data-catalog/datasets/115>. (In Russ.).
2. Naumov I.V., Sedelnikov V.M. Mezhregionalnye vzaimosvyazi na rynke molochnoj produktsii Rossii: prostranstvennyye polyusa rosta [Interregional relationships in the Russian dairy market: Spatial growth poles]. *Journal of New Economy = Journal of New Economy*. 2021;2:103-124. DOI 10.29141/2658-5081-2021-22-3-6. (In Russ.).
3. Okunev I.Yu. Osnovy prostranstvennogo analiza [Fundamentals of Spatial Analysis]. Moscow: Aspekt Press; 2020. 255 p. (In Russ.).
4. Proizvodstvo moloka v khozyajstvakh vsekh kategorij. Edinaya mezhvedomstvennaya informatsionno-statisticheskaya sistema (EMISS) [Milk production in farms of all categories. Unified Interdepartmental Information and Statistical System (EMISS)]. Ofitsialnyj sait Rosstata [Official website of Rosstat]. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/40694>. (In Russ.).
5. Ulez'ko A.V., Nedikov K.D. Ob osobennostyakh perekhoda k klasternoj modeli agropromyshlennoj integratsii [Concerning the features of the transition to a cluster model of agro-industrial integration]. Aktualnye problemy finansov, denezhnogo obrashcheniya i kredita v agrarnoj sfere: materialy natsional'noj konferentsii, posvyashchennoj 25-letiyu kafedry finansov i kredita Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Voronezh, 28 sentyabrya 2021 g.) [Actual problems of finance, money circulation and credit in the agrarian sector: proceedings of the national conference dedicated to the 25<sup>th</sup> anniversary of the Department of Finance and Credit of Voronezh State Agrarian University (Voronezh, September 28, 2021)]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2021:169-179. (In Russ.).
6. Tsentr izucheniia molochnogo rynka [Center for dairy market studying]. Ofitsial'nyj sayt The Dairy News [Official website of DIA]. URL: <https://dairynews.today/company/country/russia/stat/>. (In Russ.).
7. Anselin L. Local Indicators of Spatial Association – LISA. *Geographical Analysis*. 1995;27(2):93-115. DOI: 10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x.
8. Knox E.G. Detection of clusters. In Elliot P. (ed) Methodology of enquiries into disease clustering. Small Area Health Statistics Unit. London; 1989:17-20.
9. Koczcwaska K. Applied Spatial Statistics and Econometrics: Data Analysis in R. 1<sup>st</sup> edition. London: Routledge; 2020. 620 p. DOI: 10.4324/9781003033219.
10. Moran P. Notes on Continuous Stochastic Phenomena. *Biometrika*. 1950;37(1/2):17-23. DOI: 10.2307/2332142.
11. OSRM: Open Source Routing Machine. Official web-site of OSRM. URL: <https://project-osrm.org/>.

## Информация об авторах

А.А. Тютюников – кандидат экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела экономики АПК и агропродовольственных рынков ФГБНУ «Научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-Черноземного района» – филиал ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева», [tytnn@rambler.ru](mailto:tytnn@rambler.ru).

Т.В. Закшевская – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления в АПК ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [tvzak@bk.ru](mailto:tvzak@bk.ru).

## Information about the authors

A.A. Tyutyunikov, Candidate of Economic Sciences, Docent, Leading Research Scientist, Department of Economics of the Agro-Industrial Complex and Agri-Food Markets, Research Institute of Economics and Organization of Agro-Industrial Complex of the Central Black Earth Region – Branch of FGBSI "Voronezh Federal Agricultural Scientific Centre named after V.V. Dokuchaev", [tytnn@rambler.ru](mailto:tytnn@rambler.ru).

T.V. Zakshvetskaya, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Management and Marketing in the Agro-Industrial Complex, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [tvzak@bk.ru](mailto:tvzak@bk.ru).

Статья поступила в редакцию 12.02.2023; одобрена после рецензирования 24.03.2023; принята к публикации 26.03.2023.

The article was submitted 12.02.2023; approved after reviewing 24.03.2023; accepted for publication 26.03.2023.

© Тютюников А.А., Закшевская Т.В., 2023

5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА  
(ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья  
УДК 338.43:665.3

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2023\_2\_249

EDN: UXHNSKA

**Динамика внешней торговли предприятий  
масложирового подкомплекса российского АПК**

**Елена Васильевна Закшевская<sup>1✉</sup>, Наталья Михайловна Шевцова<sup>2</sup>**

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

<sup>1</sup>elenazak@inbox.ru✉

**Аннотация.** В современных условиях ни одно государство в мире не может успешно развиваться без эффективной системы внешнеэкономических отношений, позволяющих интегрироваться в мировое хозяйство. Одним из важнейших видов внешнеэкономической деятельности является внешняя торговля, которая была и остается в числе приоритетных сфер экономики любого государства. Рост производства сельскохозяйственной продукции в России позволил в последние годы значительно сократить импорт продовольственных товаров и нарастить национальный экспорт. Расширение внешней торговли способствует развитию экономики за счет долгосрочного производственного сотрудничества и стабильных связей между иностранными партнерами, повышению технологического уровня производства. Успешно развивающимся направлением внешнеторговой деятельности в аграрной сфере является экспорт продукции масложировой отрасли. Рост инвестиций в масложировую отрасль в последние годы позволил добиться устойчивой положительной ее динамики за счет увеличения перерабатывающих мощностей и наращивания экспортного потенциала, несмотря на усиливающуюся конфронтацию между Россией и Западом, масштабный вал антироссийских санкций. И отечественному, и мировому рынку растительных масел приходится адаптироваться к новым политическим и экономическим условиям. Два основных производителя и экспортера подсолнечного масла в мире сократили объемы экспорта: в России действовал целый ряд ограничений (квоты и пошлины) на вывоз продукции данного сегмента, а на Украине фиксировались серьезные логистические проблемы и, соответственно, перебои в поставках. Выявлены основные факторы, оказывающие влияние на развитие внешнеэкономической деятельности России, детально проанализировано состояние рынка масложировой продукции страны, экспортные возможности и перспективы дальнейшего развития, проведена оценка показателей внешней торговли России.

**Ключевые слова:** внешнеэкономическая деятельность, внешняя торговля, масложировой подкомплекс АПК, продовольственная безопасность, импортозамещение

**Для цитирования:** Закшевская Е.В. Шевцова Н.М. Динамика внешней торговли предприятий масложирового подкомплекса российского АПК // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 2(77). С. 249–257. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_249-257](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_249-257).

5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS  
(ECONOMIC SCIENCES)

Original article

**Dynamics of foreign trade of enterprises in oil and fat  
subcomplex of the Russian Agro-Industrial Complex**

**Elena V. Zakshevskaya<sup>1✉</sup>, Natalia M. Shevtsova<sup>2</sup>**

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

<sup>1</sup>elenazak@inbox.ru✉

**Abstract.** Under the conditions of today, it is beyond the capabilities of any state in the world to develop successfully without an effective system of foreign economic relations, helping to integrate into the world economy. One of the most important types of foreign economic activity is foreign trade, which has been and

remains among the priority areas of the economy of any state. The growth of agricultural production in Russia over the last years has made it possible to reduce significantly the import of food products and increase national exports. The expansion of foreign trade contributes to the development of the economy through long-term industrial cooperation and stable ties between foreign partners, increasing the technological level of production. Successfully developing direction of foreign trade activity in the agricultural sector is the export of products of the oil and fat industry. The growth of investments in the fat and oil industry in recent years has made it possible to achieve stable positive dynamics due to an increase in processing capacity and an increase in export potential, despite the growing confrontation between Russia and the West, and a large-scale wave of anti-Russian sanctions. Both the domestic and global vegetable oil markets have to adapt to new political and economic reality. The two main producers and exporters of sunflower oil in the world reduced export volumes: in Russia there were a number of restrictions (quotas and duties) on the export of products of this segment, and in Ukraine serious logistical problems and, accordingly, supply disruptions were recorded. The authors identified main factors influencing the development of Russia's foreign economic activity, analyzed in detail the country's oil and fat products market condition, export opportunities and prospects for further development, and evaluated Russia's foreign trade indicators.

**Keywords:** foreign economic activity, foreign trade, food security, oil and fat subcomplex, Agro-Industrial Complex, import substitution

**For citation:** Zakshevskaya E.V., Shevtsova N.M. Dynamics of foreign trade of enterprises in oil and fat subcomplex of the Russian Agro-Industrial Complex. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(2):249-257. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_249-257](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_249-257).

**В** современных условиях ни одно государство в мире не может успешно развиваться без эффективной системы внешнеэкономических отношений, позволяющих интегрироваться в мировое хозяйство. Одним из важнейших видов внешнеэкономической деятельности (ВЭД) является внешняя торговля, которая была и остается в числе приоритетных сфер экономики как государства в целом, так и его отдельных хозяйствующих субъектов.

Внешняя торговля вносит значительный вклад в реализацию национальных интересов, закрепленных в Доктрине продовольственной безопасности РФ, принятой в 2020 г., в которой заложены следующие приоритеты: «обеспечение продовольственной безопасности и повышение качества жизни российских граждан», «закрепление за Российской Федерацией статуса одной из лидирующих мировых держав, деятельность которой направлена на поддержание стратегической стабильности и взаимовыгодных партнерских отношений в условиях полицентричного мира» [3].

Федеральный закон «Об основах государственного регулирования внешнеторговой деятельности» от 08.12.2003 № 164-ФЗ определяет внешнеторговую деятельность как «деятельность по осуществлению сделок в области внешней торговли товарами, услугами, информацией и интеллектуальной собственностью» [6]. Отдельные направления ВЭД регулируют такие федеральные законы, как «О валютном регулировании и валютном контроле» [7], «Таможенный кодекс Российской Федерации» [9], «О таможенном тарифе» [10] и др.

Растущая взаимозависимость национальных экономик, интенсификация интеграционных процессов приводит к объективной необходимости глобального подхода к бизнесу. В этих условиях внешнеэкономические связи становятся более значимыми при осуществлении хозяйственной деятельности российскими предприятиями и организациями. Так, по данным Федеральной таможенной службы, внешнеторговый оборот России в 2021 г. составил 785 млрд долл. США и увеличился по сравнению с 2020 г. на 38,2%, а по сравнению с 2017 г. – на 66,6% (рис. 1).

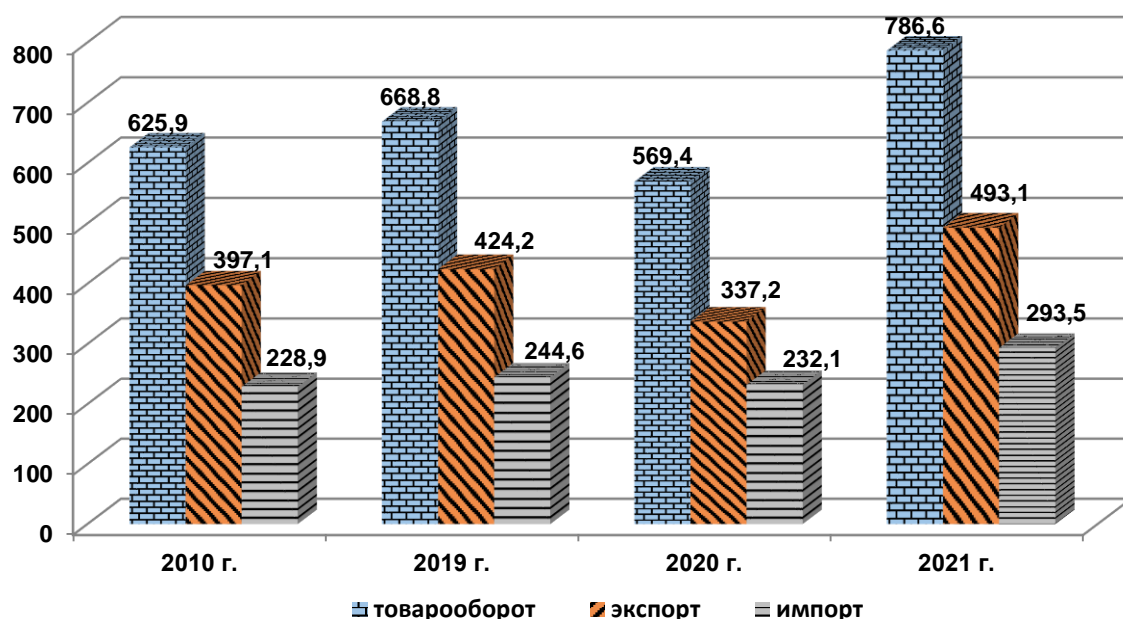


Рис. 1. Показатели внешней торговли России со всеми странами, млрд долл. США [13]

Как следует из данных рисунка 1, в 2021 г. по сравнению с предыдущими годами существенно выросли объемы экспорта и импорта товаров и услуг. В частности, 2021 г. по сравнению с 2020 г. товарооборот вырос на 38,3%, экспорт – на 46,2%, импорт – на 26,8%.

Анализ динамики внешней торговли России со странами СНГ и дальнего зарубежья позволяет отметить рост экспортно-импортных операций за анализируемый период, исключением стал 2020 г., когда практически во всех странах разразился экономический кризис, повлекший за собой снижение уровня производства (рис. 2).



Рис. 2. Динамика товарооборота внешней торговли России со странами СНГ и дальнего зарубежья, млрд долл. США [13]

Тем не менее исследования показали, что в 2020 г. в России были достигнуты и превышены пороговые значения продовольственной безопасности, установленные в Доктрине продовольственной безопасности РФ (далее Доктрина): по маслу растительному – на 105,9 п.п., по зерну – на 72,6 п.п., по рыбе и рыбопродуктам – на 64,7 п.п., по мясу и мясопродуктам – на 14,4 п.п. и по сахару – на 9,9 п.п. (табл. 1).

Таблица 1. Уровень самообеспечения Российской Федерации в 2020 г., %

Виды продукции	2010 г.	Плановое значение (на 2020 г.)	Фактическое значение в 2020 г.	Пороговые значения	2020 г. в п.п. к 2010 г.
Зерно	93,3	95,0	167,6	Не менее 95	74,3
Картофель	75,9	95,0	86,1	Не менее 95	10,2
Овощи и бахчевые культуры	80,5	87,0	87,1	Не менее 90	10,2
Фрукты и ягоды	24,0	40,0	41,2	Не менее 90	17,2
Мясо и мясопродукты (в пересчете на мясо)	72,2	85,0	99,4	Не менее 85	27,2
Молоко и молокопродукты (в пересчете на молоко)	80,5	85,0	84,1	Не менее 90	3,6
Сахар	89,6	90,0	99,9	Не менее 90	10,3
Растительное масло	94,4	90,0	195,9	Не менее 90	101,5
Рыба и рыбопродукты	120,2	85,0	149,7	Не менее 85	29,5

Источники: составлено авторами по данным [3, 4, 11].

В 2021 г. уровень самообеспеченности по растительным маслам составил 176,6%, что больше рекомендуемого значения практически в два раза. Таким образом, для поддержания внутреннего рынка в равновесном состоянии, необходимо активизировать экспортную деятельность на рынке растительных масел, для чего важно не только расширить объемы экспорта, но и усилить качественные характеристики продукции масложирового подкомплекса.

Отметим, что эффективность функционирования масложирового подкомплекса АПК и дальнейшее развитие внешнеэкономической деятельности его субъектов во многом зависит от состояния материально-технической базы сельхозтоваропроизводителей и перерабатывающих предприятий, уровня модернизации и цифровизации, трансформационных процессов на соответствующих отраслевых рынках, государственной поддержки экспортной ориентации товаропроизводителей, а также активного вмешательства государства в регулирование уровня спроса, товарного предложения, уровня цен и качества продукции на внутреннем рынке [8].

Российские производители масличных культур обладают рядом конкурентных преимуществ, реализуемых прежде всего через ценовые механизмы, что обусловлено наличием соответствующих земельных ресурсов, почвенно-климатических условий, относительно низкими на сегодняшний день издержками производства, значительной емкостью внутреннего рынка. Высокая эффективность выращивания масличных культур в стране обеспечивается устойчивым спросом на масличное сырье и продукты его переработки. Наиболее распространенным и перспективным экспортным товаром является растительное масло, прежде всего подсолнечное.

В последние годы на отечественных предприятиях вводятся современные производственные мощности по выпуску новых видов импортозамещающих масложировых продуктов (жиров специального назначения, заменителей и эквивалентов масла какао).

Крупнейшими производителями промышленных жиров в нашей стране в 2021 г. являлись следующие компании: «ЭФКО» – 48% в общей структуре предложения, «РусАгро» – 22%, «Каргилл» – 11, «НМЖК» – 5, доля всех других производителей составляла 14%. Лидерство в производстве масличной продукции меняется в зависимости от сегмента рынка. Так, в структуре продаж сырого растительного масла доминировали компании «РусАгро» – 13% рынка, «ЮгРуси» – 11,7%, «ЭФКО» – 8%, в структуре продаж фасованного масла наибольший удельный вес приходился на компании «ЮгРуси» – 22%, «ЭФКО» – 11, «Благо» и «Бунге» – по 9, «РусАгро» – 6%.

Как следует из данных рисунка 3, большая часть продукции масложировых компаний представлена сырым растительным маслом.



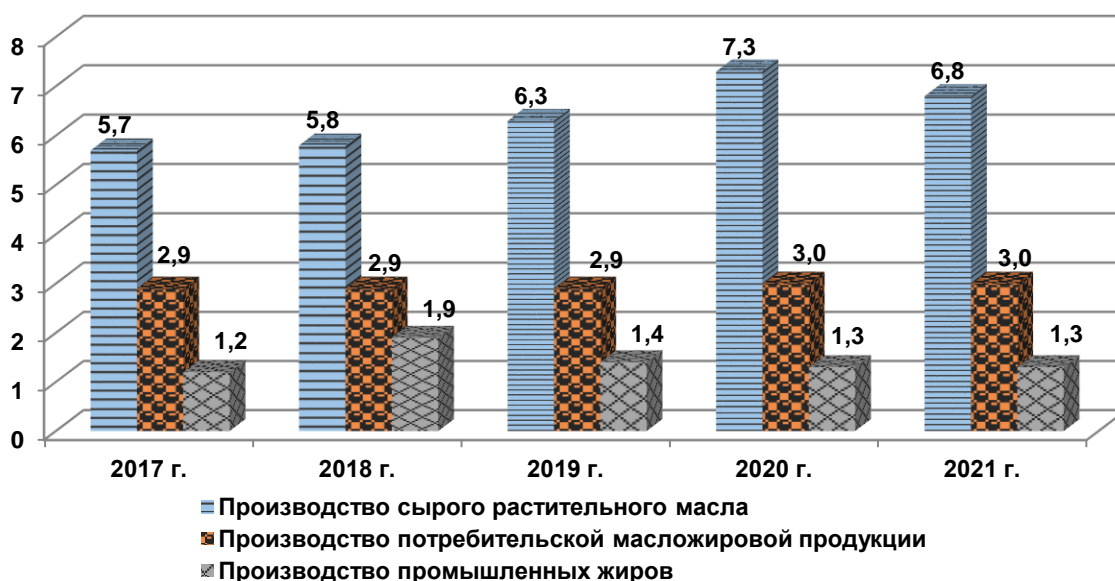


Рис. 3. Динамика производства продукции масложировой отрасли России, млн т [5]

В 2017–2021 гг. объемы выпуска сырого растительного масла выросли более чем на 19,2%, объемы потребительской масложировой продукции, к которой относятся соусы, фасованное масло, майонезы и прочая продукция, в исследуемые годы практически не менялись, объемы производства промышленных жиров после резкого увеличения в 2018 г. (на 58,3% по сравнению с 2017 г.) в 2019–2021 гг. стабилизировались на отметке 1,3–1,4 млн т.

Проведенное исследование показало, что в 2017–2021 гг. структура производства растительных масел в России была стабильной при максимальной доле (77,6%) рафинированного и нерафинированного подсолнечных масел в 2021 г. – соответственно 52,0 и 25,6% (рис. 4).

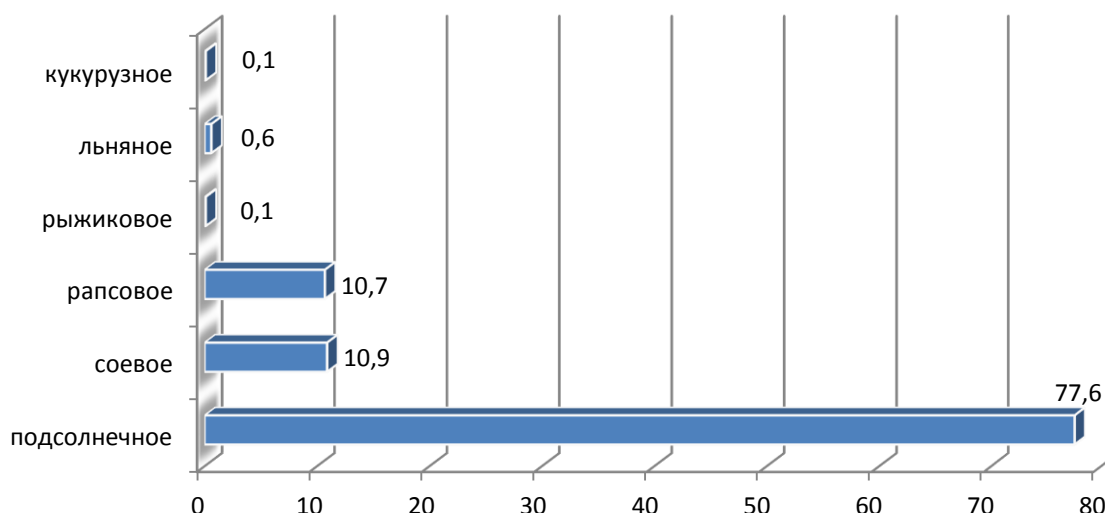


Рис. 4. Структура производства растительных масел в среднем за 2017–2021 гг., % [5]

Сравнительный анализ потребления растительных масел на территории РФ показывает, что в 58 субъектах РФ среднедушевое потребление масла ниже среднего уровня потребления (средний показатель по России 14 кг/год), в том числе население в 40 регионах потребляет растительное масло в объемах, ниже рекомендованных Министерством здравоохранения РФ – 12 кг в год.

Недостаточный уровень среднедушевого потребления растительных масел включает дефицит этого товара, в основном это объясняется финансовыми возможностями домохозяйств и культурой питания.

Экспорт в масложировой отрасли представлен тремя направлениями – сырые растительные масла, промышленные жиры и потребительская масложировая продукция. Снижение производства растительных масел в стране в 2021 г. повлекло за собой сокращение объема экспортной продукции на 0,7 млн т по сравнению с 2020 г. (рис. 5).

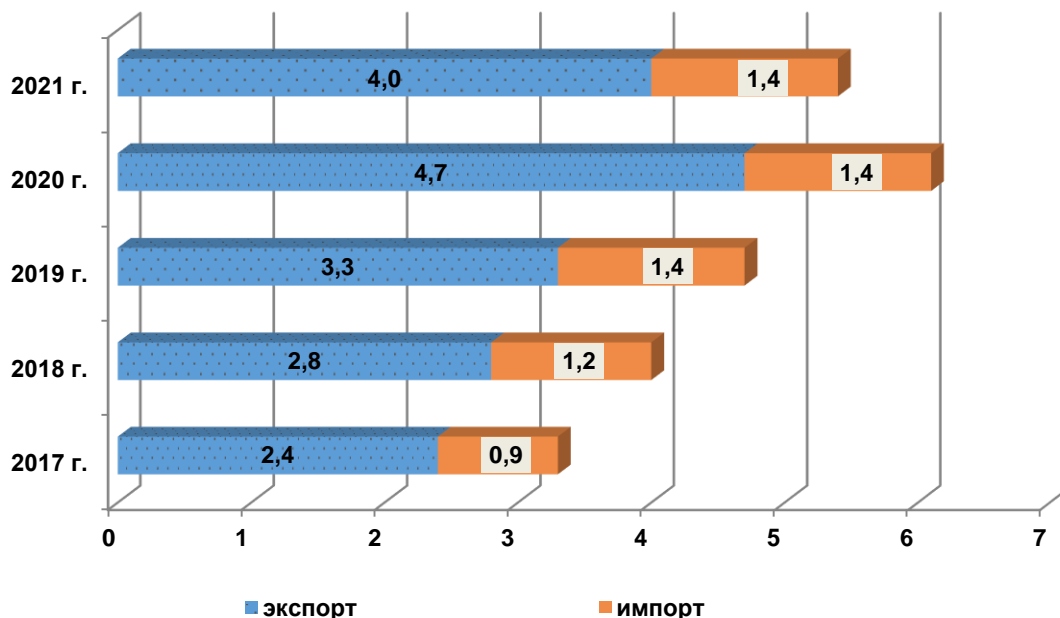


Рис. 5. Динамика объемов экспорта и импорта растительных масел, млн т [11, 12]

Основными импортерами российского растительного масла, особенно подсолнечного, до 2019 г. были Турция, Египет и Китай. В сезоне 2019/2020 гг. произошли существенные изменения в структуре экспорта: главным импортером с долей 22% стал Китай, который увеличил ввоз российского подсолнечного масла в три раза (до 722 тыс. т). В 2020 г. еще одним крупным импортером стала Индия, которая увеличила закупки масла практически в шесть раз, а ее доля в экспорте растительных масел составила 16%. В 2021 г. структура крупных импортеров российского масла выглядит следующим образом: Турция – 28%, Иран – 27, Китай – 16, Индия – 10, Египет – 5%.

Импорт сырого растительного масла в сезоне 2020/2021 гг. составил 1,4 млн т. Объемы его ввоза в страну подскочили на 34% (1,1 млн т), что связано с ростом спроса на пальмовое масло со стороны кондитерской и молочной промышленности. В 2021 г., как и в предыдущие годы, основным импортером пальмового масла оставалась Индонезия, на долю которой приходилось 71,6% импортируемого масла, второе место занимала Беларусь – 13,7%, замыкала тройку лидеров Малайзия – 5,10%. Чаще всего импортируются масла, которые не производятся в нашей стране, – пальмовое, оливковое, кокосовое. Импорт кокосового (копрового) масла и масла бабассу в 2020 г. увеличился в годовом выражении на 11,4% – до 99,1 тыс. т. Ввоз подсолнечного, сафлорового и хлопкового масел упал в 2020 г. на 47,4% и составил 1,3 тыс. т.

На рынке промышленных жиров в 2021 г. произошел переломный момент, когда количество ввезенного промышленного жира было больше, чем вывезенного, при этом отмечен рост импорта на 33% (рис. 6).

Среди экспортируемой продукции доминируют жиры универсальные и кондитерские – 50%, маргарины универсальные – 22%, заменители молочного жира – 21% и др. [14]. Большая часть промышленных жиров реализуется в Узбекистане – 54%, Таджикистане – 9, Украине – 9, Монголии – 5, Грузии – 5%.

В 2021 г. Россия сократила экспорт основных категорий потребительской масложировой продукции на 25%, что на 213 тыс. т ниже показателя 2020 г. Значительная доля сокращения экспорта приходится на бутилированное растительное масло, что объясняется более выгодными условиями экспорта масла наливом.

Крупнейшим импортером потребительской масложировой продукции выступает Узбекистан. В 2021 г. он вывез из России 134 тыс. т продукции, что ниже объемов 2020 г. на 27%. Казахстан занимает второе место, являясь основным покупателем майонеза и соусов на его основе. На его долю приходится 30% объема экспорта данной категории и 26% объема экспорта маргаринов и спредов.

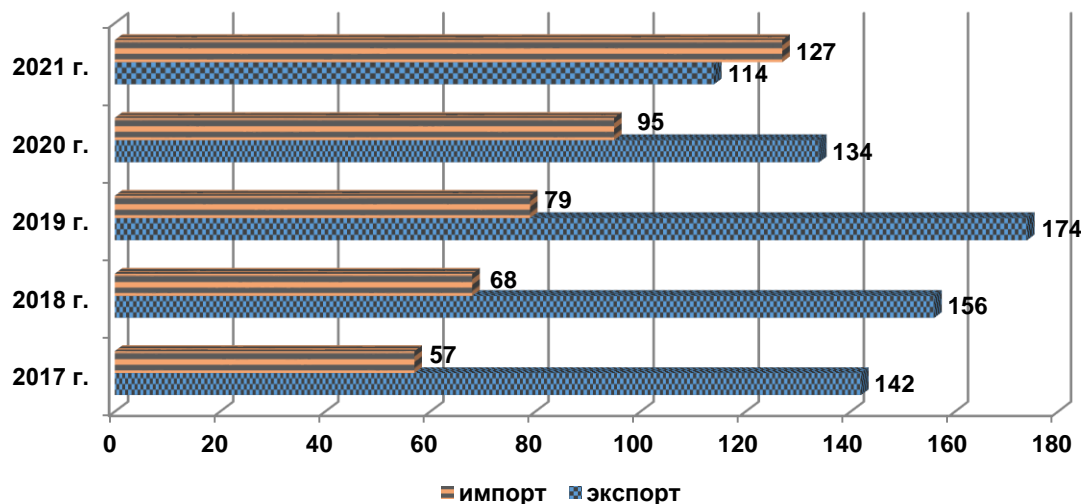


Рис. 6. Объемы экспорта и импорта промышленных жиров, тыс. т [11, 12]

Активная внешнеэкономическая деятельность предприятий масложирового подкомплекса российского АПК в последние годы, безусловно, свидетельствует о растущем спросе на растительные масла со стороны зарубежных стран, особенно членов ЕАЭС. В настоящее время государственная политика России в области развития АПК ориентирована на экспорт только готовой масложировой продукции, начиная с растительных масел и заканчивая майонезными соусами.

У каждого государства есть приоритетные направления и задачи в рамках Евроазиатского экономического союза. Однако разработка и утверждение единого документа на уровне ЕАЭС, где зафиксированы стратегические направления дальнейшего развития, свидетельствуют о том, что у всех государств есть общее видение будущего Союза [1, 13], в том числе скоординированной политики в области агропромышленного сектора и агропродовольственного рынка.

В связи с усиливающимся экономическим и политическим давлением на Россию со стороны недружественных стран органам власти необходимо поддерживать баланс между соблюдением ратифицированных международных соглашений, защитой национальной безопасности страны и получением экономических выгод бизнес-сообществом и отдельно взятыми компаниями [2, 4, 15]. При этом важно сохранять способность страны к обеспечению своего населения стратегически важной продукцией масложирового подкомплекса, а международный товарооборот должен стимулировать развитие данного подкомплекса АПК.

Рынок масложировой продукции является динамически развивающимся сегментом продовольственного рынка, который отличается импортнезависимостью и экспортоориентированностью. Экспорт подсолнечного масла вошел в число наиболее высокодоходных статей внешней торговли России. На фоне растущего спроса на масла со стороны мирового рынка Россия может не только расширить географию отгрузок отечественной масложировой продукции, но и стать ведущим глобальным поставщиком подсолнечного масла.

Значимость исследования выражается в том, что проведенный анализ институциональной специфики масложирового подкомплекса АПК, структуры спроса и предложения на национальном и международных рынках в последние годы позволил выявить тенденции в формировании экспортного потенциала данного подкомплекса и необходимость активизации внешнеэкономической деятельности нашей страны на соответствующих рынках. Результаты исследования могут быть полезны при разработке стратегий и программных мероприятий, направленных на повышение социально-экономической эффективности управления производством и сбытом масложировой продукции, совершенствование межрегиональных и международных связей, повышение конкурентоспособности продукции отрасли на мировом рынке.

#### Список источников

1. Алексеенкова Е.А. ЕАЭС к 2025 г.: приоритеты и ожидания государств-членов [Электронный ресурс] // Рабочая тетрадь. Спецвыпуск. 2017. URL: <https://mgimo.ru/upload/iblock/679/alekseenkova.pdf> (дата обращения: 04.11.2022).
2. Доклад «О состоянии взаимной торговли между государствами – членами Евразийского экономического союза в 2020 году» [Электронный ресурс] // Евразийская экономическая комиссия. URL: [https://eec.eaeunion.org/upload/medialibrary/b7d/Report\\_2020.pdf](https://eec.eaeunion.org/upload/medialibrary/b7d/Report_2020.pdf) (дата обращения: 27.11.2022).
3. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации. Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 23 с.
4. Закшевская Е.В. Предпосылки перехода к экспортной стратегии развития национального агропродовольственного рынка // Управление инновационным развитием агропродовольственных систем на национальном и региональном уровнях: материалы III международной научно-практической конференции (Воронеж, 27–28 октября 2021 г.). Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. С. 31–37.
5. Масложировой сегмент // Обзор результатов бизнес-направлений ГК «Русагро» за 2021 год [Электронный ресурс]. URL: <https://ar2021.rusagroup.ru/ru/ar/results-overview/oil-fats> (дата обращения: 02.11.2022).
6. Об основах государственного регулирования внешнеторговой деятельности: Федеральный закон от 08.12.2003 № 164-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102084509&ysclid=liszkurufd257808999> (дата обращения: 02.11.2022).
7. О валютном регулировании и валютном контроле: Федеральный закон от 10.12.2003 № 173-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_45458/?ysclid=litx9fger1860123495](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_45458/?ysclid=litx9fger1860123495) (дата обращения: 02.11.2022).
8. О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия: Постановление Правительства РФ от 14.07.2012 № 717 [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/70210644/> (дата обращения: 02.11.2022).
9. О таможенном регулировании в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 03.08.2018 № 289-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_304093/?ysclid=litxdvxgrs306643184](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_304093/?ysclid=litxdvxgrs306643184) (дата обращения: 02.11.2022).
10. О таможенном тарифе: Закон РФ от 21.05.1993 № 5003-1 (последняя редакция) [Электронный ресурс]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_1995/?ysclid=litxc7mct6499372242](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_1995/?ysclid=litxc7mct6499372242) (дата обращения: 02.11.2022).
11. Российский статистический ежегодник. 2021: Стат. сб. Москва: Росстат, 2021. 692 с.
12. Российский статистический ежегодник. 2022: Стат. сб. Москва: Росстат, 2022. 691 с.
13. Стратегические направления развития евразийской экономической интеграции до 2025 г. [Электронный ресурс] // Евразийская экономическая комиссия. URL: [https://eec.eaeunion.org/comission/department/dep\\_razv\\_integr/strategicheskie-napravleniya-razvitiya.php](https://eec.eaeunion.org/comission/department/dep_razv_integr/strategicheskie-napravleniya-razvitiya.php) (дата обращения: 10.11.2022).
14. Торговля в России – 2021 [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики (Росстат). URL: [https://www.gks.ru/bgd/regl/b21\\_58/Main.htm](https://www.gks.ru/bgd/regl/b21_58/Main.htm) (дата обращения: 02.11.2022).
15. Чарыкова О.Г., Тютюников А.А., Закшевская Е.В. и др. Модель развития агропродовольственного рынка во взаимосвязи с национальными интересами. Воронеж: НИИЭОАПК ЦЧР – филиал ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева», 2021. 184 с.

#### References

1. Alekseenkova E.A. EAES k 2025 g.: priority i ozhidaniya gosudarstv-chlenov [The Eurasian Economic Union by 2025: Priorities and Expectations of the Member States]. Rabochaya tetrad'. Spetsvypusk. 2017 [Workbook. Special Issue. 2017]. URL: <https://mgimo.ru/upload/iblock/679/alekseenkova.pdf>. (In Russ.).
2. Doklad "O sostoyanii vzaimnoj trgovli mezhdru gosudarstvami - chlenami Evrazijskogo ekonomicheskogo soyuza v 2020 godu" [Report "On the state of mutual trade between the Eurasian Economic Union member states in 2020]. Evrazijskaya ekonomicheskaya komissiya [Eurasian Economic Commission]. URL: [https://eec.eaeunion.org/upload/medialibrary/b7d/Report\\_2020.pdf](https://eec.eaeunion.org/upload/medialibrary/b7d/Report_2020.pdf). (In Russ.).

3. Doktrina prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossijskoj Federatsii [The Doctrine of Food Security of the Russian Federation]. Moscow: Rosinformagrotekh Press; 2020. 23 p. (In Russ.).

4. Zakshevskaya E.V. Predposylki perekhoda k eksportnoj strategii razvitiya natsional'nogo agroprodovol'stvennogo rynka [Prerequisites for the transition to an export strategy for the development of the national agri-food market]. Upravleniye innovatsionnym razvitiem agroprodovol'stvennykh sistem na natsional'nom i regional'nom urovnyakh: materialy III mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii (Voronezh, 27-28 oktyabrya 2021 g.) [Management of innovative development of agri-food systems at the national and regional levels: Proceedings of the III International Research-to-Practice Conference (Voronezh, October 27-28, 2021)]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2021:31-39. (In Russ.).

5. Maslozhirovoj segment [Oil and Fats Business]. Obzor rezul'tatov biznes-napravlenij GK «Rusagro» za 2021 god [Review of Rusagro's business results for 2021]. URL: <https://ar2021.rusagroup.ru/ru/ar/results-overview/oil-fats>. (In Russ.).

6. Ob osnovakh gosudarstvennogo regulirovaniya vneshnetorgovoj deyatel'nosti: Federal'nyj zakon ot 08.12.2003 № 164-FZ [Concerning the Fundamental Principles of State Regulation of Foreign Trade Activity: Federal Law No. 164-FZ of 08.12.2003]. URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102084509&ysclid=liszkurufd257808999>. (In Russ.).

7. O valyutnom regulirovanii i valyutnom kontrole: Federal'nyj zakon ot 10.12.2003 № 173-FZ (poslednyaya redaktsiya) [Concerning the currency regulation and currency control: Federal Law No. 173-FZ of December 10, 2003 (the latest revision)] URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_45458/?ysclid=litx9frer1860123495](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_45458/?ysclid=litx9frer1860123495). (In Russ.).

8. O Gosudarstvennoj programme razvitiya sel'skogo khozyajstva i regulirovaniya rynkov sel'skokhozyajstvennoj produkcii, syr'ya i prodovol'stviya: Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 14.07.2012 № 717 [On the State Program for the Development of Agriculture and Regulation of Agricultural Products, Raw Materials and Food Markets: Decree of the Government of the Russian Federation No. 717 of July 14, 2012]. URL: <https://base.garant.ru/70210644/>.

9. O tamozhennom regulirovanii v Rossijskoj Federatsii i o vnesenii izmenenij v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federatsii: Federal'nyj zakon ot 03.08.2018 № 289-FZ (poslednyaya redaktsiya) [Concerning the customs regulation in the Russian Federation and the amendments to certain legislative acts of the Russian Federation: Federal Law No. 289-FZ of August 3, 2018 (the latest revision)]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_304093/?ysclid=litxvdxgrs306643184](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_304093/?ysclid=litxvdxgrs306643184).

10. O tamozhennom tarife: Zakon RF ot 21.05.1993 № 5003-1 (poslednyaya redaktsiya) [On customs tariff: RF Law No. 5003-1 of 21.05.1993 (the latest revision)]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_1995/?ysclid=litxc7mct6499372242](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_1995/?ysclid=litxc7mct6499372242). (In Russ.).

11. Rossijskij statisticheskij ezhegodnik. 2021: Statisticheskij sbornik [Russian Statistical Yearbook. 2021: Statistical digest]. Moscow: Rosstat; 2021. 692 p.

12. Rossijskij statisticheskij ezhegodnik. 2022: Statisticheskij sbornik [Russian Statistical Yearbook. 2022: Statistical digest]. Moscow: Rosstat; 2022. 691 p.

13. Strategicheskie napravleniya razvitiya evrazijskoj ekonomicheskoy integratsii do 2025 g. [Strategic Directions for the Development of Eurasian Economic Integration until 2025]. Evrazijskaya ekonomicheskaya komissiya [Eurasian Economic Commission]. URL: [https://eec.eaunion.org/comission/department/dep\\_razv\\_integr/strategicheskie-napravleniya-razvitiya.php](https://eec.eaunion.org/comission/department/dep_razv_integr/strategicheskie-napravleniya-razvitiya.php).

14. Torgovlya v Rossii – 2021 [Trade in Russia – 2021]. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki (Rosstat) [Federal State Statistics Service (Rosstat)]. URL: [https://www.gks.ru/bgd/regl/b21\\_58/Main.htm](https://www.gks.ru/bgd/regl/b21_58/Main.htm).

15. Charykova O.G., Tyutyunikov A.A., Zakshevskaya E.V. et al. Model' razvitiya agroprodovol'stvennogo rynka vo vzaimosvyazi s natsional'nymi interesami [A model for the development of the agri-food market in relation to national interests]. Voronezh: 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; 2021. 184 p. (In Russ.).

#### **Информация об авторах**

Е.В. Закшевская, доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой управления и маркетинга в АПК, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, [elenazak@inbox.ru](mailto:elenazak@inbox.ru).

Н.М. Шевцова, кандидат экономических наук, доцент кафедры управления и маркетинга в АПК, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, [shevtsova\\_nm@mail.ru](mailto:shevtsova_nm@mail.ru).

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

E.V. Zakshevskaya, Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the Dept. of Management and Marketing in Agro-Industrial Complex, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [elenazak@inbox.ru](mailto:elenazak@inbox.ru).

N.M. Shevtsova, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Management and Marketing in Agro-Industrial Complex, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [shevtsova\\_nm@mail.ru](mailto:shevtsova_nm@mail.ru).

Статья поступила в редакцию 11.03.2023; одобрена после рецензирования 20.04.2023; принята к публикации 28.04.2023.

The article was submitted 11.03.2023; approved after reviewing 20.04.2023; accepted for publication 28.04.2023.

© Закшевская Е.В., Шевцова Н.М., 2023

### 5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА (ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 631.15:005.93:635.1/.8.044

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2023\_2\_258

EDN: VYBLNV

#### Альтернативные направления ведения предпринимательской деятельности в овощеводстве

Елена Ионовна Ловчикова<sup>1✉</sup>, Галина Петровна Зверева<sup>2</sup>,  
Анастасия Сергеевна Волчёнкова<sup>3</sup>, Татьяна Ивановна Грудкина<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup>Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, Орел, Россия

<sup>1</sup>elovchikova@rambler.ru✉

**Аннотация.** Овощеводство является составной частью продовольственного комплекса страны. Более 70% овощной продукции производится хозяйствами населения, крестьянскими (фермерскими) хозяйствами и индивидуальными предпринимателями. Проанализировано современное состояние, определены тенденции и проблемные аспекты развития овощеводства открытого и защищенного грунта в Российской Федерации. В последние годы наблюдается увеличение валового производства овощей в основном за счет роста урожайности культур. Реализация намеченного курса государственной аграрной политики в отрасли позволило в 19 раз снизить объем импорта овощной продукции в 2021 г. по сравнению с 2015 г. Однако объем потребления овощей на душу населения в РФ по-прежнему остается ниже рекомендованных норм здорового питания. Выявлена зависимость между темпами изменения реальных денежных доходов населения и темпами изменения объемов потребления овощей и бахчевых. Расчеты показали, что увеличение темпа роста реальных располагаемых доходов населения на 1% приводит к снижению темпов потребления овощей в среднем на 0,86%. Связь между данными факторами высокая и обратная, в 52% случаев изменение реальных располагаемых доходов населения приводит к снижению темпов потребления овощей, при этом более равномерному потреблению овощей в течение года способствует развитие овощеводства защищенного грунта, в том числе нетрадиционными способами. В рамках проведенного исследования обоснована бизнес-модель вертикального земледелия на региональном уровне, в частности вертикальной многоуровневой теплицы для выращивания овощей и зелени. Выявлены предпосылки реализации предлагаемого проекта, выработана маркетинговая стратегия, обоснованы инвестиционные и текущие затраты и рассчитаны показатели эффективности проекта. Сделан вывод, что альтернативные направления ведения предпринимательской деятельности способствуют реализации программы Правительства РФ по импортозамещению и обеспечению продовольственной безопасности страны.

**Ключевые слова:** предпринимательская деятельность, овощеводство, альтернативные направления ведения бизнеса, городское сельское хозяйство, вертикальное фермерство, обоснование бизнес-модели

**Для цитирования:** Ловчикова Е.И., Зверева Г.П., Волчёнкова А.С., Грудкина Т.И. Альтернативные направления ведения предпринимательской деятельности в овощеводстве // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 2(77). С. 258–268. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_258](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_258)–268.

### 5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS (ECONOMIC SCIENCES)

Original article

#### Alternative development of business activities in vegetable growing

Elena I. Lovchikova<sup>1✉</sup>, Galina P. Zvereva<sup>2</sup>, Anastasia S. Volchenkova<sup>3</sup>, Tatiana I. Grudkina<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup>Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, Orel, Russia

<sup>1</sup>elovchikova@rambler.ru✉

**Abstract.** Vegetable growing is an integral part of the country's agri-food complex. More than 70% of vegetable products are produced by households of the population, peasant (farm) enterprises and individual entrepreneurs. The authors analyzed the current state and identified trends and areas of concern of the development of vegetable growing in the open and protected ground in the Russian Federation. Over the last years, there has been an increase in gross vegetable production, mainly due to an increase in crop yields. The implementation of the planned course of the state agrarian policy in the industry made it possible to reduce the volume of imports of vegetable products by 19 times in 2021 compared to 2015. However, the volume of vegetable consumption per capita in the Russian Federation still remains below the reference intakes and healthy nutrition. The dependence between the rate of change in real incomes of the population and the rate of change in the volume of consumption of vegetables

and cucurbits is revealed. Calculations defined that an increase in the growth rate of real disposable incomes of the population by 1% leads to a decrease in the rate of vegetable consumption by an average of 0.86%. The relationship between these factors is high and inverse, in 52% of cases, changes in the real disposable income of the population leads to a decrease in the rate of vegetable consumption, while the development of vegetable growing in protected ground, including non-traditional methods, contributes to a more evenly consumption of vegetables throughout the year. Within the framework of the conducted research, the authors substantiated business model of vertical agriculture at the regional level, in particular, a vertical terrace greenhouse for growing vegetables and green-stuff; defined prerequisites for the implementation of the proposed project; developed its marketing strategy; substantiated investment and operating costs; calculated project performance indicators; concluded that alternative directions of business activities contribute to the implementation of the program of the Government of the Russian Federation on import substitution and ensuring food security of the country.

**Keywords:** entrepreneurial activity, vegetable growing, alternative business activities, urban agriculture, vertical farming, business model validation

**For citation:** Lovchikova E.I., Zvereva G.P., Volchenkova A.S., Grudkina T.I. Alternative development of business activities in vegetable growing. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(2):258-268. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_258-268](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_258-268).

**В** настоящее время овощеводство является одной из подотраслей растениеводства, которой в рамках государственной аграрной политики Российской Федерации уделяется особое внимание, поскольку она является важной составной частью продовольственного комплекса страны и приобретает все большее значение в связи с необходимостью обеспечения продовольственной безопасности страны. Многие овощные культуры, уступая по содержанию белков и жиров продуктам животного происхождения, являются основными поставщиками углеводов, витаминов, минеральных солей, пищевых волокон, фитонцидов, необходимых для сбалансированного питания человека и поддержания нормальной жизнедеятельности.

До 1990 г. отрасль овощеводства в основном развивалась в сельскохозяйственных предприятиях, на их долю приходилось порядка 70% всего объема производства овощей. Оставшаяся часть овощей выращивалась в хозяйствах населения страны. Однако реформирование экономики привело к резкому сокращению производства овощей, которое удалось преодолеть в 1995 г., когда произошли существенные изменения в структуре производства и значительно выросла доля хозяйств населения, которые в меньшей степени, чем сельскохозяйственные предприятия отреагировали на реформирование экономики [7].

В настоящее время овощеводство в России представлено почти во всех регионах. Однако наиболее благоприятный климат способствует сосредоточению производства овощей в Центральном и Южном федеральных округах. При этом мощное развитие отрасль получает вблизи крупных мегаполисов.

Особую актуальность развитие отрасли овощеводства приобретает в связи с ростом глобальной напряженности, что обуславливает необходимость ускоренного импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны. Так, в 2020 г. впервые, в соответствии с Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации, производство овощей было определено как стратегическое направление развития аграрной экономики страны [11]. Для обеспечения продовольственной безопасности в стране должно производиться не менее 90% от объема внутреннего потребления овощей.

Однако, несмотря на сложившиеся тенденции увеличения объема производства овощей в России, уровень порогового самообеспечения по ним пока еще не достигнут [10].

В последнее десятилетие наблюдается устойчивая тенденция сокращения посевных площадей под овощными культурами открытого грунта – на 122 тыс. га, или на 0,2% (табл. 1). Это привело к уменьшению валового сбора овощей открытого грунта в Российской Федерации на 1156 млн т несмотря на рост урожайности овощных культур.

Таблица 1. Тенденции развития отрасли овощеводства в РФ

Показатели	Годы								Отклонение
	2011	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Посевная площадь овощей открытого грунта, тыс. га	620	563	551	535	526	517	512	498	-122
капуста	109	84	83	80	76	76	77	71	-38
огурцы	55	50	47	44	43	41	40	39	-16
помидоры	101	89	88	86	83	82	82	79	-22
лук репчатый	85	67	65	62	62	60	61	56	-29
Доля площадей, занятых овощами, %	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	-0,2
Валовый сбор овощей открытого грунта, млн т	12 470	11 881	11 698	11 979	11 853	12 091	11 717	11 314	-1 156
капуста	3 055	2 768	2 743	2 706	2 519	2 646	2 652	2 375	-680
огурцы	957	759	711	669	703	657	616	605	-352
помидоры	1 871	1 722	1 741	1 966	2 071	2 077	2 005	2 049	178
лук репчатый	1 927	1 736	1 634	1 794	1 642	1 670	1 738	1 609	-318
Реализация овощей во всех категориях хозяйств, тыс. т	5 199	6 392	6 656	5 989	6 324	6 486	6 591	6 916	1 717
Реализация овощей сельскохозяйственными предприятиями, тыс. т	1 815	2 191	2 365	2 675	2 937	3 034	3 157	3 496	1 681

Источник: по данным Федеральной службы государственной статистики РФ [20].

По данным Росстата, в 2021 г. с учетом произведенной, импортируемой продукции и запасов прошлых лет общий объем потребленных овощей в стране составил 23887,2 тыс. т, 63,5% от данного объема было использовано на личное потребление, 7,2% – на производственное в виде семян и корма скоту и птице, около 2% составили потери [14].

Овощеводческий рынок обладает высокой емкостью и характеризуется стабильным спросом, что делает отрасль привлекательной для инвестирования [5]. Осуществляемая государственная программа развития сельского хозяйства способствует развитию отрасли овощеводства. В связи с этим в последние годы наращивается производство овощей в сельскохозяйственных предприятиях, в крестьянских (фермерских) хозяйствах и индивидуальными предпринимателями. Так, за 2011–2021 гг. в РФ увеличились объемы реализации овощей всеми категориями хозяйств на 1717 тыс. т, а сельскохозяйственными предприятиями – на 1681 тыс. т, или почти в 2 раза.

Реализация намеченного курса государственной аграрной политики в отрасли позволило снизить объем импорта овощей с 2083,7 тыс. т в 2015 г. до 107,7 тыс. т. в 2021 г. В денежном эквиваленте этот показатель за данный период снизился с 1831,7 до 136,6 млн долл.

Как известно, для поддержания здорового питания жителям нашей страны рекомендовано потреблять не менее 120–140 кг овощей в год. Данная норма установлена в Рекомендациях по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания, утвержденными приказом Минздрава России от 19 августа 2016 г. № 614 [16]. Однако по состоянию на 2021 г. объем потребления овощей на душу населения в РФ составил 101 кг, при показателе производства – 92 кг на одного человека (табл. 2), что значительно ниже рекомендованных норм здорового питания.



Таблица 2. Объемы производства и потребления овощей на душу населения в РФ

Показатели	Годы											
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Объем потребления овощей и бахчевых (в среднем в год на 1 чел.), кг	97	98	100	97	98	99	105	102	104	104	104	101
Производство овощей открытого и закрытого грунта на душу населения, кг	77	91	89	88	88	90	90	93	93	96	95	92

Источник: по данным Федеральной службы государственной статистики РФ [13, 20].

По мнению экспертов Центра отраслевой экспертизы Россельхозбанка, потребление свежих овощей в России может вырасти к 2028 г. до 115 кг на душу населения [18]. Это станет возможным за счет дальнейшего увеличения объемов производства тепличных овощей.

Однако этот показатель не будет соответствовать рациональным нормам потребления, что обуславливает необходимость поиска возможных направлений развития отрасли как традиционными, так и альтернативными способами. Кроме того, как считает академик РАН И.Г. Ушачев, «...достижение продовольственной независимости необходимо увязать с обеспечением всех групп населения пищевыми продуктами согласно рациональным нормам питания, так как в настоящее время уровень их потребления для существенной части населения даже с учетом импорта остается ниже рекомендованных рациональных норм» [23, с. 8]. По сценарным прогнозам [8], среднедушевое потребление овощей, которое в полной мере соответствует рациональным нормам здорового питания в России на уровне 140 кг на душу населения, будет достигнуто лишь к 2035 г.

По мнению многих ученых-аналитиков, между уровнем доходов населения и объемами потребления овощей существует прямая зависимость. Так, С.М. Рыжкова указывает на то, что «...важным фактором, оказывающим влияние на структуру потребительского спроса на овощи и фрукты, является дифференциация доходов населения: в группах населения с высоким уровнем доходов размеры среднедушевого потребления овощей и бахчевых культур приближаются к рекомендуемым рациональным нормам в большей степени» [19, с. 386].

По результатам анализа объемов потребляемых овощей была выявлена зависимость между темпами изменения реальных денежных доходов населения и темпами изменения объемов потребления овощей и бахчевых (табл. 3).

Таблица 3. Соотношение темпов изменения реальных денежных доходов населения и темпов изменения объемов потребления овощей и бахчевых в расчете на душу населения

Показатели	Годы								
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Реальные располагаемые денежные доходы населения по субъектам РФ, в % к предыдущему периоду	98,8	97,6	95,5	99,5	100,7	101,2	98,0	103,2	
Объем потребления овощей и бахчевых (в среднем в год на 1 чел.), в % к предыдущему периоду	101,0	101,0	106,1	97,1	102,0	100,0	100,0	97,1	

Источник: по данным Федеральной службы государственной статистики РФ [17].

С целью выявления зависимости между реальными денежными доходами населения и темпами изменения объемов потребления овощей и бахчевых был проведен корреляционно-регрессионный анализ, результаты которого отражены в таблице 4.

**Таблица 4. Результаты корреляционно-регрессионного анализа и интерпретация**

Показатели	Полученные значения	Интерпретация
Уравнение регрессии	$y = 186,06 - 0,86x$	Увеличение темпа роста реальных располагаемых доходов населения на 1% приводит к снижению темпов потребления овощей в среднем на 0,86%
Коэффициент корреляции	$k = -0,72$	Связь высокая и обратная
Ошибка аппроксимации	$A = 1,5\%$	Значение меньше 7% свидетельствует о хорошем подборе уравнения регрессии к исходным данным
Коэффициент детерминации	$R^2 = 0,52$	52% случаев изменения реальных располагаемых доходов населения приводит к снижению потребления овощей
Оценка качества параметров уравнения регрессии	Число степеней свободы (f) составляет 6 $2,447 t_{набл} > 2,525 t_{крит}$	Зависимость признаков статистически значима ( $p = 0,052874$ ) по t-критерию Стьюдента

Источник: рассчитано авторами.

Расчеты показали, что увеличение темпа роста реальных располагаемых доходов населения на 1% приводит к снижению темпов потребления овощей в среднем на 0,86%. Связь между данными факторами высокая и обратная, в 52% случаев изменение реальных располагаемых доходов населения приводит к снижению темпов потребления овощей.

Таким образом, в соответствии с данными Росстата, начиная с 2016 г., потребление овощей на душу населения возрастает. Но рациональное питание предусматривает не только увеличение объемов овощей в рационе, но и равномерное их потребление в течение всего года. Однако в стране нет подходящих условий для круглогодичного выращивания овощей в открытом грунте. В этой связи наибольшую значимость приобретает развитие овощеводства закрытого грунта с использованием зимних теплиц, что обеспечит круглогодичное поступление свежей овощной продукции. Также следует отметить, что эта отрасль позволяет получать максимальное количество овощей с единицы земельной площади [22], а тренд на здоровое питание способствует увеличению расходов семьи на овощную продукцию [5].

В настоящее время идет активное наращивание товарного производства и строительство новых современных теплиц, что привело к кардинальному изменению баланса рыночных сил на отечественном овощном рынке несезонной продукции и резкому снижению зависимости страны от внешних поставок [21].

Тепличное овощеводство в России до недавнего времени развивалось в условиях постоянно растущих цен на энергоносители, при обилии сравнительно недорогих импортных овощей и невысокой рентабельности бизнеса, что не способствовало привлечению инвесторов в эту сферу [1].

Однако, начиная с 2014 г., отечественный тепличный комплекс вышел на новый этап развития овощеводства защищенного грунта. Этому способствовала сложившаяся внешнеполитическая ситуация, обусловленная введением запрета со стороны других стран на экспорт в Россию продовольствия. Отечественные товаропроизводители стали наращивать объемы производства овощей и заниматься новыми направлениями деятельности, обеспечивающими внутренний рынок необходимой продукцией.

Так, по данным сельскохозяйственной переписи 2021 г. [13], 885 сельскохозяйственных предприятий имели теплицы, парники, общая площадь которых составляла 38484,2 тыс. м<sup>2</sup>, а численность К(Ф)Х и ИП, имевших зимние и весенние теплицы, достигла 1548 с общей площадью 5648,4 тыс. м<sup>2</sup>. Следует отметить, что в ЛПХ и индивидуальных хозяйствах граждан сосредоточено более 2,8 млн единиц теплиц и парников общей площадью 113091,8 тыс. м<sup>2</sup>, из них доля весенних теплицы достигла 80%, зимних – 1,4%.

По мнению экспертов, основными трендами в тепличном производстве на ближайшие годы станут такие направления, как:

- наращивание объемов и эффективности производства овощей с учетом требований по охране окружающей среды;
- стирание границы между физическим и диджитал-пространствами;
- обеспечение безопасности производимой продукции;
- повышение устойчивости цепочки поставок [21].

Задача роста объемов производства овощей закрытого грунта в России может быть успешно решена, поскольку организация тепличного овощеводства возможна практически в любой природно-климатической зоне. При этом следует учитывать и тот факт, что эта отрасль позволяет получать максимальное количество овощей с единицы земельной площади [21].

Реализация вышеуказанных трендов будет способствовать развитию альтернативного направления ведения аграрного предпринимательства в отрасли овощеводства в форме стартапа. В современном мире все большее количество людей пытается начать свой собственный бизнес, обращаясь к такой бизнес-модели, как стартап. Модель стартапа представляет собой проект, который создается как основа будущего успешного и рентабельного бизнеса. У начинающих свой путь стартапов нет истории, активов, прибыли, и лишь небольшая часть из них обладает потенциалом развития. Инвестирование в стартапы сопряжено с высокими рисками, но предполагает в будущем значительную выручку и преимущества в рыночной нише, поэтому отдельные инвесторы заинтересованы в финансировании стартапов [16].

Базовая модель стартапа по сути представляет собой модель развития проекта и включает четыре основных этапа:

- выявление потребителей;
- верификация потенциальных клиентов;
- привлечение потребителей;
- формирование и развитие компании.

На первом этапе выявляется целевая аудитория, для которой предназначен проект.

Второй этап подразумевает проведение маркетинговых исследований и тестирование потребительского спроса.

Третий этап предполагает запуск проекта и привлечение инвесторов, который в случае успеха перетекает в четвертую стадию – развитие компании.

Основным потребителем товарного овощеводства является городское население. В Российской Федерации сохраняются высокие темпы урбанизации, городское население составляет 75% от общей численности населения страны. Развитие промышленности ведет к неуклонному росту численности городского населения и формированию крупных городских агломераций, в которых на относительно небольших территориях сосредотачивается большое количество населения [2]. В этой связи особое значение приобретает развитие городского сельского хозяйства. Это тренд для эоактивистов, сторонников здорового образа жизни и урбанистов.

Идеи производить продукты прямо в городе возникали во времена войн и продовольственных кризисов с целью снижения нагрузки с основных пищевых производств,

которые в первую очередь работали на нужды фронта. Сегодня сити-фермерство снова становится востребованным фудтех-направлением у городского населения, которое стабильно растет [3].

На наш взгляд, развитию вертикального фермерства способствуют:

- устойчивый спрос городского населения на качественную, экологически безопасную продукцию «прямо с грядки»;
- прозрачность и сокращение цепочки поставок за счет максимальной близости к рынку сбыта;
- экономия затрат природных ресурсов (земельных и водных);
- получение более высоких и стабильных урожаев при отсутствии зависимости от природно-климатических условий.

Кроме того, сити-фермы в определенной мере выполняют образовательную функцию, так как городское население может наблюдать процесс производства сельскохозяйственной продукции.

Самая популярная модель сити-фермерства в городской среде – вертикальное сельское хозяйство, представляющее собой совершенно новую концепцию ведения сельского хозяйства с применением новых технологических и архитектурных решений использования вертикальных поверхностей [9]. Сити-фермерство активно развивается в странах Европы, США, Японии. Для России данная модель фермерства является достаточно новой, но в то же время начала активно продвигаться не только в мегаполисах, но и в регионах с небольшими городами.

Проведенное нами организационно-экономическое обоснование стартап проекта вертикального земледелия на региональном уровне, в частности вертикальной многоуровневой теплицы для выращивания овощей и зелени на площади 400 м<sup>2</sup>, показало, что при выходе на проектную мощность объем продаж составит: томатов – 1 110 кг, огурцов – 1 000 кг, перца – 550 кг, зелени – 350 кг, микрозелени – 250 кг.

Прогнозируемые показатели эффективности проекта составят:

- срок окупаемости проекта – 2 года 9 месяцев;
- чистый приведенный доход (NPV) – 6164,9 тыс. руб.;
- индекс доходности инвестиций (PI) – 1,85%;
- бюджетная эффективность – 108%;
- рентабельность проекта – 36%.

Особенностью данной бизнес-модели являются небольшие масштабы и возможность ее реализации индивидуальными предпринимателями в отличие от традиционных проектов вертикального фермерства, реализуемых в настоящее время крупными агрохолдингами.

Следует отметить, что стартап всегда имеет динамично развивающуюся структуру маркетинговой концепции, которая может изменяться в зависимости от того, как рынок примет проект. Маркетинговая стратегия на первом этапе ставит задачи выхода на рынок с новым качественным товаром вне сезонности и завоевание потребителя. На втором этапе стратегия должна быть направлена на удержание позиций, совершенствование производства и каналов сбыта продукции, то есть расширение своей доли на рынке и за его пределами.

Реализация данного проекта позволит:

- увеличить производство овощей, зелени и микрозелени в регионах;
- удовлетворить потребности населения в устойчиво растущем спросе на овощи;
- сделать более доступным предложение свежих овощей во внесезонное время;
- создать внешний облик теплицы как арт-объекта, который способен усилить как маркетинговую составляющую торговых центров, так и стать достопримечательностью города; создать новые рабочие места; увеличить налоговые поступления в бюджет.

Несмотря на всю привлекательность, бизнес всегда связан с определенными рисками, поэтому при реализации проекта существует некоторая вероятность, что реальный доход будет отличаться от прогнозируемого.

Общий риск является суммой систематического (недиверсифицируемого) и несистематического (подлежащего диверсификации) рисков.

Систематический риск возникает из-за различных внешних событий (инфляция, стагнация и др.), его действие не ограничивается рамками одного проекта и его невозможно устранить путем диверсификации.

Несистематический риск (риск, который можно устранить или сократить посредством диверсификации) связан с реализацией предлагаемого проекта.

В процессе исследования выявлены риски проекта и определены мероприятия по их снижению (табл. 5).

**Таблица 5. Риски проекта и мероприятия по их снижению**

<b>Виды рисков</b>	<b>Мероприятия по снижению риска</b>
<b>Экономические риски</b>	
Снижение цен	Диверсификация производства, в том числе выращивание нетрадиционных культур (шпинат, пряные травы, перец чили, ягоды и др.)
Рост цен на сырье для выращивания культур	Поиск альтернативных поставщиков семян, оптимизация затрат, постоянный мониторинг рыночной ситуации, наличие не менее двух контрагентов
Риск снижения финансовой устойчивости	Развитие бизнеса преимущественно за счет собственных средств, тщательное финансовое планирование
Усиление позиций конкурентов	Мониторинг конкурентной среды, выявление конкурентов и их сильных сторон, формирование собственных конкурентных преимуществ
<b>Организационные и управленческие риски</b>	
Низкая квалификация кадров	Тщательная подборка высококвалифицированных специалистов на начальном этапе, наставничество
<b>Технические риски</b>	
Сбои и поломка оборудования	Создание финансового резерва под непредвиденные расходы
<b>Производственные риски</b>	
Потеря урожая в результате поражения болезнями и вредителями	Строгий отбор сортов, наиболее устойчивых к болезням, оптимизация агротехнологий и соблюдение санитарных норм, профилактика и защита растений от болезней и вредителей
<b>Экологические риски</b>	
Ужесточение санитарных и гигиенических норм	Постоянный контроль за ходом производственного процесса и качеством производимой продукции

Источник: разработано авторами.

Таким образом, ограничивающими факторами в развитии вертикального земледелия являются:

- высокие первоначальные инвестиции и
- более длительный срок их окупаемости,
- ограниченное разнообразие выращиваемых культур,
- высокая энергоемкость процесса выращивания [4].

Представленная модель организации производства овощей в условиях вертикальной фермы может быть примером альтернативного развития аграрного предпринимательства в отрасли овощеводства.

Проведенное исследование подтверждает целесообразность реализации стратегических приоритетов развития отрасли овощеводства в условиях новой экономической реальности как за счет традиционных, так и альтернативных способов ведения бизнеса.

#### Список источников

1. Гераськин А.И., Сдвижков Н.П. Российский рынок овощей защищенного грунта // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2015. № 4. С. 103–111.
2. Груднева А.А. Вертикальное фермерство как инновационная технология решения проблемы продовольственного снабжения крупных городов // Инновации и инвестиции. 2018. № 9. С. 39–41.
3. Грядки на крышах, грибы в подвалах: как вести сельское хозяйство в городе [Электронный ресурс] // РБК тренды. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/green/6481e9819a7947d8ca35620b> (дата обращения: 04.04.2023).
4. Ермоленко В.В., Ланская Д.В., Эль-Хиллани Х.А. Вертикальные агрофермы: методы, технологии и опыт // Естественно-гуманитарные исследования. 2022. № 43(5). С. 94–98.
5. Ерюшев М.В., Бабаян И.В., Васильева О.А. Тенденции развития производства продукции овощеводства региона // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2019. № 7-1. С. 45–49.
6. Зорин Г.Е. Платформенная экономика как фактор развития городского фермерства на основе котельных // Инновационное развитие экономики: тенденции и перспективы: материалы X международной молодежной научно-практической конференции (Пермь, 26 мая 2022 г.). Пермь: Изд-во Пермского национального политехнического университета, 2022. С. 89–100.
7. Комшанов Д.С., Павлова А.И., Павлов И.Н. Тенденции в развитии овощеводства России // Московский экономический журнал. 2021. № 10. С. 201–210. DOI: 10.24412/2413-046X-2021-10638.
8. Ксенофонтов М.Ю., Ползиков Д.А., Урус А.В. Сценарии развития агропродовольственного рынка ЕАЭС в долгосрочной перспективе // Проблемы прогнозирования. 2020. № 6(183). С. 154–171. DOI: 10.47711/0868-6351-183-154-171.
9. Кудинова М.Г., Туртулова И.Р. Вертикальные фермы как новая тенденция развития аграрного сектора экономики России [Электронный ресурс] // Дневник науки. 2022. № 12(72). URL: [http://dnevniknauki.ru/images/publications/2022/12/economy/Kudinova\\_Turtulova2.pdf](http://dnevniknauki.ru/images/publications/2022/12/economy/Kudinova_Turtulova2.pdf) (дата обращения: 04.02.2023).
10. Ловчикова Е.И., Грудкина Т.И., Зверева Г.П., Волченкова А.С. Проблемные аспекты и стратегические направления развития пищевой и перерабатывающей промышленности в Орловской области // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 2(73). С. 159–171. DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2022\_2\_159-171.
11. Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации: Указ Президента РФ от 21 января 2020 г. № 20 [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/73438425/> (дата обращения: 04.04.2023).
12. Об утверждении Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания: приказ Министерства здравоохранения РФ от 19 августа 2016 г. № 61 [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420374878> (дата обращения: 04.04.2023).
13. Основные итоги сельскохозяйственной микропереписи 2021 года. Статистический сборник / Федеральная служба государственной статистики. Москва: ИИЦ «Статистика России», 2022. 420 с.
14. Потребление основных продуктов питания населением Российской Федерации в 2021 г. [Электронный ресурс] // Информационно-аналитические материалы. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13278> (дата обращения: 04.04.2023).
15. Потребление продуктов питания в домашних хозяйствах в 2021 году по итогам Выборочного обследования бюджетов домашних хозяйств [Электронный ресурс] // Информационно-аналитические материалы. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Potreb\\_prod\\_pitan-2021.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Potreb_prod_pitan-2021.pdf) (дата обращения: 04.04.2023).
16. Раева И.В. Стартап: понятие, особенности, методы оценки // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2021. № 6(237). С. 45–55. DOI 10.24412/2072-4098-2021-6-45-55.
17. Реальные располагаемые денежные доходы населения по Российской Федерации [Электронный ресурс] // Официальная статистика. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/13397> (дата обращения: 04.04.2023).
18. Россельхозбанк: к 2028 г. россияне будут потреблять по 115 кг овощей в год [Электронный ресурс] // Пресс-центр АО «Россельхозбанк». URL: <https://www.rshb.ru/news/438018/> (дата обращения: 04.04.2023).
19. Рыжкова С.М. Особенности потребления плодов и овощей в Российской Федерации // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2015. № 2(54). С. 383–389.

20. Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство [Электронный ресурс] // Официальная статистика. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). URL: [https://rosstat.gov.ru/enterprise\\_есопому\\_\(дата\\_обращения:\\_04.04.2023\)](https://rosstat.gov.ru/enterprise_есопому_(дата_обращения:_04.04.2023)).

21. Тепличная отрасль России – 2021. II сельскохозяйственный форум [Электронный ресурс] // Агроинвестор. 30 июня 2021 г.. URL: <https://www.agroinvestor.ru/business-pages/36069-25-iyunya-2021-g-v-krasnodare-s-uspekhom-proshel-ii-selskokhozyaystvennyu-forum-teplichnaya-otrasl-r/> (дата обращения: 04.04.2023).

22. Терновых К.С., Гончаренко Д.Е. Современные тенденции в развитии овощеводства закрытого грунта // Тенденции развития технических средств и технологий в АПК: материалы международной научно-практической конференции (Воронеж, 25 февраля 2022 г.). Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2022. С. 363–369.

23. Ушачев И.Г., Маслова В.В., Чекалин В.С. Импортзамещение и обеспечение продовольственной безопасности России // Овощи России. 2019. № 2(46). С. 3–8. DOI: 10.18619/2072-9146-2019-2-3-8.

## References

1. Geraskin A.I., Sdvizhkov N.P. Rossijskij rynek ovoshchej zashchishchennogo grunta [The Russian market of greenhouse vegetables]. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2015;4:103-111. (In Russ.).

2. Grudneva A.A. Vertikal'noe fermerstvo kak innovatsionnaya tekhnologiya resheniya problemy prodovol'stvennogo snabzheniya krupnykh gorodov [Vertical farming as innovative technology of the solution of the problem of food delivery of the large cities]. *Innovatsii i investitsii = Innovation and Investment*. 2018;9:39-41. (In Russ.).

3. Gryadki na kryshakh, griby v podvalakh: kak vesti sel'skoe khozaystvo v gorode. RBK trendy [Beds on the roofs, mushrooms in the cellars: how to farm in the city. RBC Trends]. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/green/6481e9819a7947d8ca35620b>. (In Russ.).

4. Ermolenko V.V., Lanskaya D.V., El Hellani H.A. Vertikal'nye agrofermy: metody, tekhnologii i opyt [Vertical agricultural farms: methods, technologies and experience]. *Estestvenno-gumanitarnye issledovaniya = Natural-Humanitarian Studies*. 2022;43(5):94-98. (In Russ.).

5. Eryushev M.V., Babayan I.V., Vasileva O.A. Tendentsii razvitiya proizvodstva produktsii ovoshchevodstva regiona [Trends of development of vegetable production of the region]. *Vestnik Altajskoj akademii ekonomiki i prava = Journal of Altai Academy of Economics and Law*. 2019;7-1:45-49. (In Russ.).

6. Zorin G.E. Platformennaya ekonomika kak faktor razvitiya gorodskogo fermerstva na osnove kotel'nykh [Platform economy as a factor of the development of urban farming on the basis of boiler houses]. *Innovatsionnoe razvitie ekonomiki: tendentsii i perspektivy: materialy X mezhdunarodnoj molodezhnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii (Perm', 26 maya 2022 g.)* [Innovative development of the economy: trends and prospects: Proceedings of the X International Youth Research-to-Practice Conference (Perm, May 26, 2022). Perm: Perm National Polytechnic University Press; 2022:89-100. (In Russ.).

7. Komshanov D.S., Pavlova A.I., Pavlov I.N. Tendentsii v razvitii ovoshchevodstva Rossii [Trends in development of vegetable farming in Russia]. *Moskovskij ekonomicheskij zhurnal = Moscow Economic Journal*. 2021;10:201-210. DOI: 10.24412/2413-046H-2021-10638. (In Russ.).

8. Ksenofontov M.Yu., Polzikov D.A., Urus A.V. Stsenarii razvitiya agroprodovol'stvennogo rynka EAES v dolgosrochnoj perspektive [Scenarios of the EAEU agricultural market development in the long term]. *Problemy prognozirovaniya = Studies on Russian Economic Development*. 2020;6(183):154-171. DOI: 10.47711/0868-6351-183-154-171. (In Russ.).

9. Kudinova M.G., Turtulova I.R. Vertikal'nye fermy kak novaya tendentsiya razvitiya agrarnogo sektora ekonomiki Rossii [Vertical farms as a new trend in the development of the agricultural sector of the Russian economy]. *Dnevnik nauki = Diary of Science*. 2022;12(72). URL: [http://dnevniknauki.ru/images/publications/2022/12/economy/Kudinova\\_Turtulova2.pdf](http://dnevniknauki.ru/images/publications/2022/12/economy/Kudinova_Turtulova2.pdf). (In Russ.).

10. Lovchikova E.I., Grudkina T.I., Zvereva G.P., Volchenkova A.S. Problemnye aspekty i strategicheskie napravleniya razvitiya pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti v Orlovskoj oblasti [Areas of concern and strategic directions for food and processing industry development in Orel Oblast]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(2):159-171. DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2022\_2\_159-171. (In Russ.).

11. Ob utverzhenii Doktriny prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossijskoj Federatsii: Ukaz Prezidenta RF ot 21 yanvarya 2020 g. № 20 [On approval of the Food Security Doctrine of the Russian Federation: Decree of the President of the Russian Federation No. 20 of January 21, 2020]. URL: <https://base.garant.ru/73438425/>. (In Russ.).

12. Ob utverzhenii Rekomendatsij po ratsional'nym normam potrebleniya pishchevykh produktov, otvechayushchikh sovremennym trebovaniyam zdorovogo pitaniya: prikaz Ministerstva zdravoohraneniya RF ot 19 avgusta 2016 g. № 61 [On approval of Recommendations on rational norms for consumption of food products meeting modern requirements of a healthy diet: Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 61 of August 19, 2016]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420374878>. (In Russ.).

13. Osnovnye itogi sel'skokhozyajstvennoj mikroperepisi 2021 goda. Statisticheskij sbornik. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki (Rosstat) [Main results of the 2021 agricultural micro-census. Statistical compendium. Federal State Statistics Service (Rosstat)]. Moscow: Statistika Rossii Press; 2022. 420 p. (In Russ.).

14. Potreblenie osnovnykh produktov pitaniya naseleniem Rossijskoj Federatsii v 2021 g. Informatsionno-analiticheskie materialy. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki (Rosstat) [Consumption of basic food products by the population of the Russian Federation in 2021. Information analysis materials. Federal State Statistics Service (Rosstat)]. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13278>. (In Russ.).

---

15. Potreblenie produktov pitaniya v domashnikh khozyajstvakh v 2021 godu po itogam Vyborochnogo obsledovaniya byudzhetrov domashnikh khozyajstv. Informatsionno-analiticheskie materialy. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki (Rosstat) [Household food consumption in 2021 based on the results of Sampling Enquiry of Household Budgets. Information analysis materials. Federal State Statistics Service (Rosstat)]. URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Potreb\\_prod\\_pitan-2021.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Potreb_prod_pitan-2021.pdf). (In Russ.).

16. Raeva I.V. Startup: ponyatie, osobennosti, metody otsenki [Startup: concept, features, evaluation methods]. *Imushchestvennye otnosheniya v Rossijskoj Federatsii = Property Relations in the Russian Federation*. 2021;6(237):45-55. DOI 10.24412/2072-4098-2021-6-45-55. (In Russ.).

17. Real'nye raspolagaemye denezhnye dokhody naseleniya po Rossijskoj Federatsii [Real disposable money income of the population in the Russian Federation]. *Ofitsial'naya statistika. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki (Rosstat)* [Official statistics. Federal State Statistics Service (Rosstat)]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/13397>. (In Russ.).

18. Rossel'khozbank: k 2028 g. rossiyane budut potrebyat' po 115 kg ovoshchej v god. Press-centr AO "Rossel'khozbank" [Rosselkhozbank: By 2028, Russians will consume 115 kg of vegetables per year. Press center of Rosselkhozbank]. URL: <https://www.rshb.ru/news/438018/>. (In Russ.).

19. Ryzhkova S.M. Osobennosti potrebleniya plodov i ovoshchej v Rossijskoj Federatsii [Features of the consumption of fruits and vegetables in the Russian Federation]. *Vestnik Belgorodskogo Universiteta kooperatsii, ekonomiki i prava = Herald of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law*. 2015;2(54):383-389. (In Russ.).

20. Sel'skoe khozyajstvo, okhota i lesnoe khozyajstvo. Ofitsial'naya statistika. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki (Rosstat) [Agriculture, hunting and forestry. Official statistics. Federal State Statistics Service (Rosstat)]. URL: [https://rosstat.gov.ru/enterprise\\_economy](https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy). (In Russ.).

21. Teplichnaya otrasl' Rossii – 2021. II sel'skokhozyajstvennyj forum. Agroinvestor. 30 iyunya 2021 g. [Greenhouse industry of Russia – 2021. II Agricultural forum. Agroinvestor. June 30, 2021]. URL: <https://www.agroinvestor.ru/business-pages/36069-25-iyunya-2021-g-v-krasnodare-s-uspekhom-proshel-ii-selsko-khozyajstvennyy-forum-teplichnaya-otrasl-r/>. (In Russ.).

22. Ternovyh K.S., Goncharenko D.E. Sovremennye tendentsii v razvitiy ovoshchevodstva zakrytogo grunta [Modern trends in the development of indoor vegetable growing]. *Tendentsii razvitiya tekhnicheskikh sredstv i tekhnologij v APK: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii (Voronezh, 25 fevralya 2022 g.)* [Trends in the development of technical means and technologies in the Agro-Industrial Complex: Proceedings of the International Research-to-Practice Conference (Voronezh, February 25, 2022)]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2022:363-369. (In Russ.).

23. Ushachev I.G., Maslova V.V., Chekalin V.S. Importozameshchenie i obespechenie prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossii [Import substitution and ensuring food security of Russia]. *Ovoshchi Rossii = Vegetable crops of Russia*. 2019;2:3-8. DOI: 10.18619/2072-9146-2019-2-3-8. (In Russ.).

#### Информация об авторах

Е.И. Ловчикова – кандидат экономических наук, доцент, зав. кафедрой экономики и менеджмента в АПК ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», [elovchikova@rambler.ru](mailto:elovchikova@rambler.ru).

Г.П. Зверева – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики и менеджмента в АПК ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», [gp.zvereva@orelsau.ru](mailto:gp.zvereva@orelsau.ru).

А.С. Волчёнкова – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики и менеджмента в АПК ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», [as.volchenkova@orelsau.ru](mailto:as.volchenkova@orelsau.ru).

Т.И. Грудкина – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики и менеджмента в АПК ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», [ti.grudkina@orelsau.ru](mailto:ti.grudkina@orelsau.ru).

#### Information about the authors

E.I. Lovchikova, Candidate of Economic Sciences, Docent, Head of the Dept. of Economics and Management in the Agro-Industrial Complex, Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, [elovchikova@rambler.ru](mailto:elovchikova@rambler.ru).

G.P. Zvereva, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Economics and Management in the Agro-Industrial Complex, Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, [gp.zvereva@orelsau.ru](mailto:gp.zvereva@orelsau.ru).

A.S. Volchenkova, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Economics and Management in the Agro-Industrial Complex, Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, [as.volchenkova@orelsau.ru](mailto:as.volchenkova@orelsau.ru).

T.I. Grudkina, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Economics and Management in the Agro-Industrial Complex, Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, [ti.grudkina@orelsau.ru](mailto:ti.grudkina@orelsau.ru).

Статья поступила в редакцию 20.04.2023; одобрена после рецензирования 25.05.2023; принята к публикации 29.05.2023.

The article was submitted 20.04.2023; approved after reviewing 25.05.2023; accepted for publication 29.05.2023.

© Ловчикова Е.И., Зверева Г.П., Волчёнкова А.С., Грудкина Т.И., 2023



5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА  
(ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья  
УДК 657.6.012.16

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2023\_2\_269

EDN: WCNWUG

**Развитие методологии комплексной судебно-экономической экспертизы  
по делам о незаконном получении субсидий в сельском хозяйстве**

**Сергей Анатольевич Звягин<sup>1</sup>, Владимир Григорьевич Ширококов<sup>2✉</sup>,  
Евгений Сергеевич Артемов<sup>3</sup>, Инна Евгеньевна Стрыгина<sup>4</sup>, Мария Борисовна Чиркова<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

<sup>2, 3, 5</sup>Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,  
Воронеж, Россия

<sup>4</sup>Воронежский институт Министерства внутренних дел Российской Федерации,  
Воронеж, Россия

<sup>2</sup>ssn3@bk.ru✉

**Аннотация.** В настоящее время остро стоит вопрос диагностики и предотвращения правонарушений в сфере экономической деятельности. Одним из видов преступлений в данной области является незаконное получение субсидий в агропромышленном секторе экономики, нецелевое и неэффективное их использование, что негативно сказывается на финансово-бюджетных отношениях. При получении субсидий не все субъекты агробизнеса представляют главному распорядителю средств областного бюджета достоверные сведения о видах деятельности, а в отчетности отражают искаженные данные о достигнутых результатах, позволяющих незаконно получать субсидии из государственного бюджета. Показано, что диапазон неправомерных действий в экономической сфере достаточно широк и приводит к материальному ущербу, наносимому государству и обществу в целом. Экономические правонарушения оказывают негативное воздействие на реализацию национальных программ и социальных проектов, направленных на повышение устойчивости агробизнеса и сельских территорий, а также обеспечение продовольственной безопасности и импортозамещения. Охарактеризованы особенности неправомерных экономических действий. Разработаны отдельные элементы методологии комплексной судебно-экономической экспертизы применительно к категории дел, связанных с незаконным получением государственной помощи в агропромышленном секторе. Обоснован подход к применению методов проведения бухгалтерской экспертизы и использования контрольно-ревизионных и экспертных процедур при противодействии экономической преступности. Раскрыты методические положения проведения судебно-экономической экспертизы по делам о незаконном получении и использовании субсидий из областного бюджета на развитие молочного и мясного скотоводства по материалам конкретных экспертных заключений. Предложен алгоритм и перечень рассматриваемых процедур комплексной судебно-экономической экспертизы о нецелевом использовании полученных средств из областного бюджета с раскрытием особенностей их применения.

**Ключевые слова:** экономическая преступность, методы финансового контроля, контрольно-ревизионные и экспертные процедуры, судебно-экономическая экспертиза, государственные субсидии

**Для цитирования:** Звягин С.А., Ширококов В.Г., Артемов Е.С., Стрыгина И.Е., Чиркова М.Б. Развитие методологии комплексной судебно-экономической экспертизы по делам о незаконном получении субсидий в сельском хозяйстве // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 2(77). С. 269–285. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_269-285](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_269-285).

5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS  
(ECONOMIC SCIENCES)

Original article

**Development of the methodology of comprehensive forensic economical  
examination in cases of illegal receiving subsidies in agriculture**

**Sergey A. Zvyagin<sup>1</sup>, Vladimir G. Shirobokov<sup>2✉</sup>, Evgeniy S. Artemov<sup>3</sup>,  
Inna E. Strygina<sup>4</sup>, Maria B. Chirkova<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Voronezh State University, Voronezh, Russia

<sup>2, 3, 5</sup>Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

<sup>4</sup>Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation,  
Voronezh, Russia

<sup>2</sup>ssn3@bk.ru✉

**Abstract.** Currently, there is much tension around the issue of diagnosis and prevention of offenses in the field of economic activities. One of the types of crimes in this area is the illegal receipt of subsidies in the agro-industrial sector of the economy, the unlawful and inefficient diversion of funds, which negatively affects financial and budgetary relations. When receiving subsidies, not all agribusiness entities provide reliable information on the types of activities to the public treasury of the region, and the reports reflect distorted data on profit performance, resulting in illegally receiving subsidies from the state budget. The authors indicated that the range of illegal actions in the economic sphere is quite wide, which leads to material damage inflicted on the state and society as a whole. Subsequently, economic offenses have a negative impact on the implementation of national programs and social projects aimed at increasing the sustainability of agribusiness and rural areas, as well as ensuring food security and import substitution. The authors also characterized features of illegal economic actions; developed separate elements of the methodology of complex forensic economical examination with regard to the category of cases related to the illegal receipt of state aid in the agro-industrial sector; substantiated the approach to the application of methods of accounting expertise and the use of audit and expert procedures in countering economic crime; disclosed methodological provisions of conducting a forensic economical examination in cases of illegal receipt and use of subsidies from the regional budget for the development of dairy and beef cattle breeding based on the findings of the expert studies; proposed the algorithm and the list of the considered procedures of complex forensic economical examination on misuse of funds received from the regional budget with the disclosure of the features of their application.

**Keywords:** economic crime, methods of financial control, audit and expert procedures, forensic economical examination, state subsidies

**For citation:** Zvyagin S.A., Shirobokov V.G., Artemov E.S., Strygina I.E., Chirkova M.B. Development of the methodology of comprehensive forensic economical examination in cases of illegal receiving subsidies in agriculture. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(2):269-285. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_269-285](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_269-285).

**В** современной отечественной криминологии под экономической преступностью понимают «совокупность корыстных посягательств на используемую для хозяйственной деятельности собственность, установленный порядок управления экономическими процессами и экономические права граждан со стороны лиц, выполняющих определенные функции в системе экономических отношений» [4, с. 628].

Диапазон неправомερных действий в экономической сфере достаточно широк, что, несомненно, проявляется в значительном материальном ущербе, наносимом как государству, обществу, экономическим субъектам, так и отдельным собственникам. Кроме того, последствия таких действий сказываются на системах управления различного уровня, на товарно-денежных отношениях, тормозят процессы продвижения национальных программ и отечественных социальных проектов.

Практика противодействия экономической преступности показывает, что преступления в экономической сфере представляют собой категорию, включающую сложную совокупность различных видов противоправных уголовно-наказуемых экономических действий, среди которых преобладают хищения, присвоения, растраты, сокрытие доходов, обман потребителей, мошенничество и др. В финансово-экономической сфере широкое распространение получили преступления, связанные с незаконным получением и использованием кредитов (получение сумм кредита в завышенном размере, необоснованные сроки получения кредита, несвоевременный возврат кредитных ресурсов, преднамеренное банкротство с целью невозврата кредита) [7]. В сельском хозяйстве одним из видов противоправных экономических действий является незаконное получение аграрными организациями субсидий из государственного бюджета.

Преступления экономической направленности помимо социальной опасности оказывают негативное влияние на функционирование национальной экономики, институтов гражданского общества, нарушают установленный порядок регулирования материальной базы общественного производства. Необоснованное получение субсидий на развитие аграрного бизнеса приводит к нецелевому использованию государственной помощи и снижению эффективности проводимых мероприятий в области государственной политики.

На протяжении нескольких десятилетий ученые и практики выделяют следующие особенности неправомερных экономических действий:

- в отличие от общеуголовных преступлений так называемая «беловоротничковая» преступность по своей сути составляет основу жизнедеятельности значительной части населения страны, формируя полукриминальный менталитет;

- чаще всего экономическая преступность выступает в организованной форме, что значительно затрудняет функционирование систем контроля и противодействия;

- материальный ущерб от противоправных экономических действий в прямом исчислении составляет значительные суммы, а в косвенном измерении не поддается оценке. Так, по данным Министерства внутренних дел РФ ущерб от экономических преступлений в 2021 г. увеличился в два раза в годовом выражении и составил 642 млрд руб. [9];

- латентный характер экономической преступности, в результате чего весомая часть подобных противоправных действий остается не выявленной, что также отрицательно сказывается на развитии современной национальной экономики.

Совокупность этих признаков относится и к фактам незаконного получения субсидий аграрными организациями, которые становятся как объектами финансового государственного контроля, так и расследований, проводимых следственными органами.

В связи со сложностью расследований такого рода преступлений имеется необходимость в совершенствовании системы контроля в сфере экономики, формировании качественного методического инструментария выявления фактов нарушений законодательства, их документирования, расследования, доказывания и предупреждения противоправных действий хозяйствующих субъектов.

Принято считать, что основными видами контроля являются:

- государственный финансовый контроль, проводимый федеральными и муниципальными органами;

- внутренний контроль хозяйствующих субъектов;

- независимый аудит;

- общественный контроль.

С целью реализации комплексного подхода важное значение имеет разработка единой концепции финансового контроля, в которой будет представлено взаимодействие различных видов контроля [2]. При расследовании экономических преступлений у следственных или судебных органов возникает ряд проблем, связанных с получением достоверной экономической информации. Такие проблемы решаются путем назначения судебно-бухгалтерской или судебно-экономической экспертизы. В связи с тем, что такие экспертизы тесно связаны с соблюдением уголовного, гражданского и трудового права, а также соблюдением правил расследования и судебных процедур, судебно-экономические и судебно-бухгалтерские экспертизы могут быть выделены в особый вид контроля, который является составной компонентой общей финансовой контрольной системы [11, 13]. Организация контрольной деятельности предполагает комплексный подход к развитию методологии путем определения принципов, форм и методов финансового контроля, а также процедур (контрольных действий). В соответствии с законодательством государственный финансовый контроль осуществляется на основе таких принципов, как:

- законность и обоснованность;

- стимулирование добросовестного соблюдения обязательных требований;

- соразмерность вмешательства в деятельность контролируемых лиц;

- охрана прав и законных интересов, уважение достоинства личности, деловой репутации контролируемых лиц;

- недопустимость злоупотребления правом;

- соблюдение охраняемой законом тайны;

- открытость и доступность информации об организации и осуществлении государственного контроля (надзора), муниципального контроля;

- оперативность при осуществлении государственного контроля (надзора), муниципального контроля [12].

Принципы финансового контроля имеют общий характер и применимы к организации внутренних контрольных мероприятий хозяйствующих субъектов и внешнего аудиторского контроля.

В качестве этических принципов аудиторской проверки принято выделять следующие:

- честность;
- объективность;
- профессиональную компетентность и должную тщательность;
- конфиденциальность;
- профессиональное поведение [5].

Совокупность общих принципов и этических норм имеет важное значение и при осуществлении экспертной деятельности.

По формам осуществления контроля различают следующие контрольные проверки: превентивные, текущие, тематические, ревизии, комплексные ревизии. При проведении контрольных действий, включая действия экспертов, используются общенаучные и частные методы. Охарактеризуем основные из них.

Синтез – метод изучения объекта в его целостности, единстве и взаимосвязи частей. В финансово-хозяйственном контроле и в экспертной деятельности синтез предполагает проведение как экономического, так и других видов анализа (технико-технологического, экологического и др.). Этот метод позволяет соединить объекты, расчлененные в процессе различных видов анализа и результатов оценочной деятельности, установить их связь и познать предмет как единое целое. Применительно к процессу расследования дел о незаконном получении субсидий, к объединению результатов анализа организации бизнес-процессов, продуктивности животных, способов содержания, рационов кормления и других элементов технологического процесса в животноводстве позволяют сделать вывод о наличии или отсутствии фактов нарушений.

Индукция – прием исследования, представляющий собой умозаключение от частных факторов к общим выводам, то есть вывод о состоянии объекта делается на основании исследования отдельных его сторон. Например, экспертиза фактов, отражающих суммы полученной организацией государственной помощи в виде субсидий, проводится первоначально по данным Соглашений о предоставлении субсидий, заключенных с распорядителем бюджетных средств, первичных и сводных документов, отражающих надой молока, движение животных, их кормление, сведений регистров аналитического и синтетического учета, а затем – по данным официальной отчетности.

Дедукция – исследование состояния объекта в целом и на основе логических рассуждений, обобщение результатов о его составных элементах, т.е. умозаключение от общего к частному. При исследовании законности получения государственных субсидий изучается законодательство, регулирующее правила предоставления субсидий и определяющее их целевое использование, затем изучаются факты получения конкретных сумм получаемой государственной помощи хозяйствующим субъектом и делается вывод о правомерности получения ресурсов, выделяемых государством и их целевом использовании.

Конкретизация – исследование конкретных свойств объектов при всем многообразии их характеристик. Например, при исследовании законности получения и использования кредита исследуются финансовые показатели деятельности субъекта, его кредитные операции, а также фактические данные, характеризующие получение и использование кредитных денежных ресурсов, выявляются негативные отклонения в этих процессах и их влияние на кредитоспособность [7].

При исследовании правомерности получения субсидий нельзя ограничиваться оценкой только финансовых показателей: подлежат исследованию не только экономические показатели, но и технико-технологические параметры развития отрасли (способ-

бы и системы содержания, уровень кормления различных групп животных в разрезе направлений выращивания, обоснованность перевода животных из группы в группу, порядок осеменения, сроки отъема молодняка от маточного поголовья и др.).

Системный анализ предполагает изучение объекта исследования как совокупности элементов, образующих систему, по которым можно дать оценку поведения хозяйствующего субъекта под действием взаимосвязанных факторов, влияющих на его функционирование с позиции законности и экономической целесообразности.

Расчетно-аналитические методы включают аналитические приемы, используемые контролером или экспертом в экспертном производстве. Применение в исследованиях судебно-бухгалтерской и судебно-экономической экспертизы расчетно-аналитических методов позволяет установить общее состояние объектов, подвергающихся экспертному исследованию (законность и целесообразность получения кредита, государственного финансирования, заключения сделок с контрагентами, соблюдение налогового законодательства и др.).

Проверка арифметических расчетов (пересчет) представляет собой проверку точности арифметических расчетов в первичных документах, бухгалтерских записях, бухгалтерской статистической и налоговой отчетности. В большинстве случаев пересчет выполняется экспертом самостоятельно.

Проверка документов (инспектирование): документальная информация может быть внутренней, внешней, внешней или внутренней одновременно. Документы, подготовленные и обработанные внутри экономического субъекта, являются внутренними. Путем получения информации от контрагентов по запросу контролеров и экспертов могут привлекаться и внешние документы. Проверка документов заключается в том, что финансовый контролер или эксперт-бухгалтер должен убедиться в достоверности и доброкачественности определенного документа. При сопоставлении сведений внутренних и внешних документов появляется возможность выявить искажения данных внутренних документов и определить размер негативных отклонений.

Особое место в системе контроля занимают не только методические, но и процедурные вопросы проведения контрольно-ревизионных и экспертных мероприятий по фактам правонарушений экономических действий [5]. Специальные контрольно-ревизионные и экспертные методы не могут применяться без соответствующих процедур. На тесную связь контрольных методов и соответствующих им процедур в бухгалтерской экспертизе указывал основоположник теории судебно-бухгалтерской экспертизы Н.Т. Белуха [3]. Вместе с тем в научной литературе не в полной мере раскрывается содержание категории «процедура» применительно к системе финансового контроля и экспертной деятельности. Определения рассматриваемой категории не всегда соответствуют современному уровню контрольно-ревизионной и экспертной деятельности. Например, Ш.И. Алибеков трактует процедуры бухгалтерской экспертизы, как «выполнение определенных конкретных действий экспертом-бухгалтером при исследовании представленных бухгалтерских документов и другой информации для получения доказательств» [1, с. 44].

С целью исключения одностороннего характера и отражения соответствия контрольного метода определенной ревизионной или экспертной процедуре целесообразно расширить содержание категории «процедура» применительно к содержанию объекта исследования. «Процедура» (от латинского *procedure* – продвигаться) означает официально установленный порядок действий при обсуждении, ведении какого-либо дела [17, с. 407]. В словаре русского языка С.И. Ожегова дается следующее определение процедуры: официальный порядок действий, выполнения, обсуждения чего-нибудь [14, с. 558]. Исходя из общенаучных подходов можно дать следующее определение категории «процедура» применительно к контрольно-ревизионной и экспертной работе:

это взаимосвязанный с конкретным контрольным методом порядок действий проверяющего или эксперта и их воздействия на исследуемые объекты проверки (экспертизы) для достижения необходимого результата, формулирования вывода и формирования соответствующего экспертного заключения. При формировании организационно-методической составляющей финансово-контрольной деятельности применение контрольных и экспертных методов во взаимосвязи с процедурами дает возможность повысить достоверность сведений и усилить доказательную базу при проведении следственных действий.

Порядок применения соответствующих процедур в аудите раскрывается в Международном стандарте аудита 330 «Аудиторские процедуры в ответ на оцененные риски» [10]. В стандарте обозначены следующие виды аудиторских процедур: аудиторские процедуры общего характера, аудиторские процедуры в ответ на оцененные риски существенного искажения на уровне предпосылок, процедуры проверки по существу, тестирование средств контроля, аналитические процедуры проверки по существу, процедуры проверки по существу в ответ на значительные риски.

Применение контрольно-ревизионных и экспертных процедур значительно отличается от порядка и условий использований процедурного аппарата, используемого при аудиторских проверках [6]. Это обусловлено различием целей и задач рассматриваемых видов деятельности, применяемых методов контроля, в формулировании и оформлении результатов работы, в условиях оплаты деятельности и др. В то же время процедуры в контрольно-ревизионной деятельности, осуществляемой государственными органами, аналогичны подходу к выбору процедурного инструментария, применяемого в судебной экспертно-бухгалтерской деятельности.

Во всех видах контрольной деятельности целесообразно применение комплексного подхода при проведении контрольно-ревизионных и экспертных процедур. В зависимости от объекта проверки в практической деятельности комплекс контрольно-ревизионных и экспертных мероприятий может быть представлен перечнем организационных, нормативно-правовых, расчетно-вычислительных, логических и аналитических процедур, а также процедур моделирования и прослеживания. В составе контрольно-ревизионных и экспертных мероприятий может быть выделена процедура сопоставления [1, с. 45]. Подобное контрольное действие широко применяется при реализации метода документальной проверки, включая проверку законности получения государственной помощи. Сопоставление бухгалтерских документов, полученных из разных источников различного уровня, широко распространено при проведении контрольно-ревизионной и экспертной работы.

Охарактеризуем содержание контрольно-ревизионных и экспертных процедур.

К организационным процедурам следует относить порядок изучения и ознакомления проверяющего (эксперта-бухгалтера) с организационной и плановой документацией, объемом предстоящих работ, объектами контроля, а также выбор соответствующих методик контрольно-ревизионной (экспертной) работы. При проведении экспертизы по делам о незаконном получении субсидий детально исследуется содержание нормативных документов, регламентирующих порядок и условия представления государственной помощи аграрным организациям, а также необходимые формы отчетности, предоставляемые хозяйствующими субъектами распорядителю бюджетных средств.

В состав нормативно-правовых процедур необходимо включить порядок действий ревизора или эксперта-бухгалтера по проверке (исследованию) объектов контроля с точки зрения их соответствия действующим нормативным актам [16].

В условиях информационной и цифровой экономики важное место занимает процедура моделирования. Использование процедур моделирования подразумевает формирование информационных и организационных моделей проверки (экспертизы)

соответствующих объектов бухгалтерского учета с целью упорядочения контрольно-ревизионных (экспертных) работ и выполнения их в установленные сроки. Так, при проведении контрольно-ревизионных (экспертных) работ в отношении объектов интеллектуальной собственности соответствующие нормативно-правовые материалы по ним и имеющаяся бухгалтерская документация, отражающая их движение, позволят сформировать модель возможных фактов хозяйственной жизни, совершаемых противоправных действий с конкретной категорией ресурсов (применительно к объекту данного исследования с величиной полученных бюджетных средств).

Одним из наиболее востребованных видов контрольно-ревизионных и экспертных процедур являются расчетно-вычислительные процедуры. Они позволяют определить порядок применения необходимых расчетов для достижения поставленной цели, формулирования вывода и формирования соответствующего заключения. С целью сокращения трудоемкости проведения таких процедур целесообразно использование современных вычислительных средств и пакетов программного обеспечения.

Применение логических процедур в контрольно-ревизионной (экспертной) работе связано с выстраиванием логической концепции проведения контрольных действий исходя из формирующейся ситуации на конкретном объекте финансового контроля.

Процедуры аналитические предполагают разделение исследуемых (проверяемых) объектов на части для последующего контрольного (экспертного) воздействия. Так, при проведении контрольно-ревизионных и экспертных действий в отношении получения бюджетных средств экономическими субъектами помимо необходимых бухгалтерских документов контролю подвергаются задействованные в формировании сумм целевого финансирования синтетические и аналитические счета бухгалтерского учета, а также соответствующие статьи баланса и отчета о движении денежных средств.

Прослеживание представляет собой процедуру, в ходе которой финансовый контролер, аудитор или эксперт-бухгалтер проверяет определенные массивы первичных документов, отражение их данных в регистрах синтетического и аналитического учета в отчетности, соответствие типовой корреспонденции счетов плану счетов и положениям федеральных стандартов по бухгалтерскому учету, методическим рекомендациям различного уровня. Особое внимание уделяется соответствию положениям федеральных стандартов и обоснованности отражения фактов хозяйственной жизни в переходный период при изменении в бухгалтерском и налоговом законодательстве.

Возникает необходимость реализации методов исследования через применение процедур контрольно-ревизионной и экспертной работы. Рассматриваемые контрольно-ревизионные и экспертные процедуры являются взаимозависимыми и не могут использоваться обособлено друг от друга. Конкретные аспекты использования методов и процедур, применяемых при судебно-экономической экспертизе правонарушений в сфере экономики, зависят от предмета и объектов исследования. Каждый вид экспертизы подразумевает определение предмета и решение определенных задач, стоящих перед экспертами. Законодательством не закреплено определение предмета судебно-экономической экспертизы.

Проблема определения предмета конкретной экспертизы имеет важное значение для построения методологии [8, 15, 19]. Предметом судебно-экономической экспертизы по делам о незаконном получении и использовании бюджетных средств являются факты и фактические данные, устанавливаемые экспертами, обладающими компетенциями в области бухгалтерского учета и бухгалтерской отчетности, а также в конкретной области хозяйственной деятельности и организации производства в целях расследования незаконного получения и использования субсидий путем определения и исследования признаков внесения искажений в первичные документы и формы отчетности, сумм и другой экономической и специальной информации, отраженной в различных источниках данных.

Каждый вид судебно-экономической экспертизы подразумевает решение задач, поставленных перед экспертами следственными органами или судом. Применительно к объекту исследования перечень задач зависит от порядка получения субсидий, предусмотренного соглашениями, заключенными между распорядителем бюджетных средств и хозяйствующим субъектом. В соответствии с действующими нормативными документами, регламентирующими порядок и величину получения субсидий, предполагается государственная поддержка увеличения продуктивности молочного скотоводства и рост поголовья в мясном скотоводстве.

При проведении конкретных экспертиз в молочном скотоводстве субсидированию подлежали затраты, понесенные сельскохозяйственными товаропроизводителями, осуществляющими производство сельскохозяйственной продукции, ее первичную и последующую (промышленную) переработку, на 1 кг реализованного и (или) отгруженного на собственную переработку коровьего и (или) козьего молока в году, предшествующем году получения субсидии.

Размер субсидии рассчитывался по следующей формуле:

$$C = M \times B, \quad (1)$$

где  $C$  – размер субсидии, руб.;

$M$  – валовый объем коровьего и (или) козьего молока, реализованного и (или) отгруженного на собственную переработку получателем субсидии за год, предшествующий году получения субсидии, кг;

$B$  – размер ставки субсидии на 1 кг реализованного и (или) отгруженного на собственную переработку коровьего и (или) козьего молока.

Субсидия предоставляется по ставкам, утверждаемым главным распорядителем бюджетных средств. С целью стимулирования повышения молочной продуктивности распорядителем бюджетных средств при определении ставок устанавливаются повышающие коэффициенты. Размер коэффициента зависит от средней молочной продуктивности коров за отчетный финансовый год.

В мясном скотоводстве целью предоставления субсидии является оказание поддержки сельскохозяйственным товаропроизводителям на развитие этого направления животноводства по возмещению части понесенных затрат (без учета налога на добавленную стоимость) по направлению – содержание 1 головы крупного рогатого скота специализированных мясных и помесных пород, находящегося в хозяйстве на 1 января текущего года, за исключением племенных животных и телок на откорме.

В исследуемом периоде размер субсидии на содержание 1 головы крупного рогатого скота специализированных мясных и помесных пород, находящегося в хозяйстве по состоянию на 1 января текущего года, рассчитывалось по следующей формуле:

$$C = (Посн \times Хосн) + (Пмол \times Хмол), \quad (2)$$

где  $C$  – размер субсидии, предоставляемой получателю субсидии, руб.;

$Посн$  – поголовье коров и быков-производителей, подлежащее субсидированию, гол.;

$Пмол$  – поголовье нетелей и телок, подлежащее субсидированию, гол.;

$Хосн$  – размер ставки субсидии на содержание 1 головы коров и быков-производителей, руб.;

$Хмол$  – размер ставки субсидии на содержание 1 головы нетелей и телок, руб.

В большинстве случаев хозяйствующие субъекты получают субсидии только на развитие молочного скотоводства или мясного скотоводства. Отдельные организации претендуют на получение субсидий как на развитие молочного, так и мясного скотоводства. В этом случае перечень задач судебно-бухгалтерской экспертизы расширяется, и она приобретает масштабы комплексной судебно-экономической экспертизы. Незаконность получения субсидий на развитие молочного скотоводства может быть



обусловлена искажением сведений о надое молока от животных молочного направления (за счет включения в общую массу молока продукции, полученной от животных мясного направления; ненадлежащей или полностью отсутствующей идентификации животных, содержащихся в различных половозрастных группах; нарушения сроков документального оформления перевода животных из одной производственной группы в другую, в том числе и нетелей в основное стадо; сокрытие сроков отела и др.). Необоснованность получения субсидий в мясном скотоводстве может быть вызвана фактами учета в составе животных мясного скотоводства молодняка и взрослых животных, необоснованно переведенных из половозрастных групп животных молочного скотоводства и др. Решение задач экспертизы сводится не только к применению бухгалтерских методов, но и предполагает формулирование выводов, связанных с технологией и организацией производства, а также биологическими особенностями развития и содержания скота различных пород.

Применительно к судебно-экономической экспертизе по делам о незаконном получении и использовании субсидий на развитие молочного и мясного скотоводства можно выделить следующие задачи, которые решаются экспертами при проведении исследования:

1) определение количества скота мясного направления продуктивности в хозяйствующем субъекте по состоянию на отчетные даты, дающего право на получение субсидий на развитие мясного скотоводства;

2) определение массы товарного молока и молока, использованного на собственные нужды, а также прироста молочной продуктивности животных за отчетный период, по которому рассчитывается размер субсидий в молочном скотоводстве с учетом повышающих коэффициентов;

3) установление наличия или отсутствия фактов или признаков расхождения в учетных и отчетных данных хозяйствующего субъекта по операциям, дающим право на получение бюджетных средств на поддержку различных направлений скотоводства;

4) определение соответствия данных о наличии скота по направлениям (мясного, молочного, комбинированного), количестве и качестве молока, предоставляемых в государственные органы управления для получения субсидий, и данных бухгалтерской финансовой отчетности, предоставляемой в специализированных ведомственных формах отчетности в органы государственной статистики;

5) установление искажения фактов хозяйственной жизни, влияющих на величину субсидий, полученных хозяйствующим субъектом в исследуемом периоде;

6) установление правильности определения продуктивности животных в течение отчетного периода;

7) установление обоснованности и объективности отражения в учетных первичных и сводных документах сведений о переводе животных из группы в группу;

8) анализ обоснованности раздельного учета и формирования отчетности о животных мясного и молочного направления.

При назначении судебно-экономической экспертизы по данной категории дел могут быть поставлены следующие вопросы:

1) имелось ли в хозяйствующем субъекте поголовье скота мясного и молочного направления по состоянию на 01.01.20X0 года, на 31.01.20X0 года и на 01.02.20X1 года? Его количество с разбивкой по направлениям (мясное, молочное, мясо-молочное)? Вопросы могут детализироваться с разбивкой о предоставлении информации по группам животных: коровы молочного направления; коровы мясного направления; быки племенные мясного направления; поголовье, находящееся на откорме. В случае содержания животных комбинированных пород требуется подтвердить или опровергнуть сведения о количестве поголовья животных для производства мясной и молочной продукции.

2) каков уровень продуктивности на 1 фуражную корову в отчетном периоде с 01.01.20X0 года по 31.12.20X0 года?

3) соответствуют ли данные бухгалтерского учета сведениям о наличии и движении поголовья (с разбивкой по направлениям продуктивности) данным, предоставленным руководством организации распорядителю субсидий в обоснование получения субсидий по Соглашению о предоставлении субсидий. Если имело место несоответствие, то в чем оно заключается?

4) соответствуют ли сведения, предоставляемые органам статистики в форме 24-сх – «Сведения о состоянии животноводства» и государственным органам управления в формах ведомственной отчетности (Отчет о производстве, затратах, себестоимости и реализации продукции животноводства (форма 13-АПК) и Отчет о наличии животных (форма 15-АПК) – данным бухгалтерского учета и сведениям, предоставленным для получения субсидий?

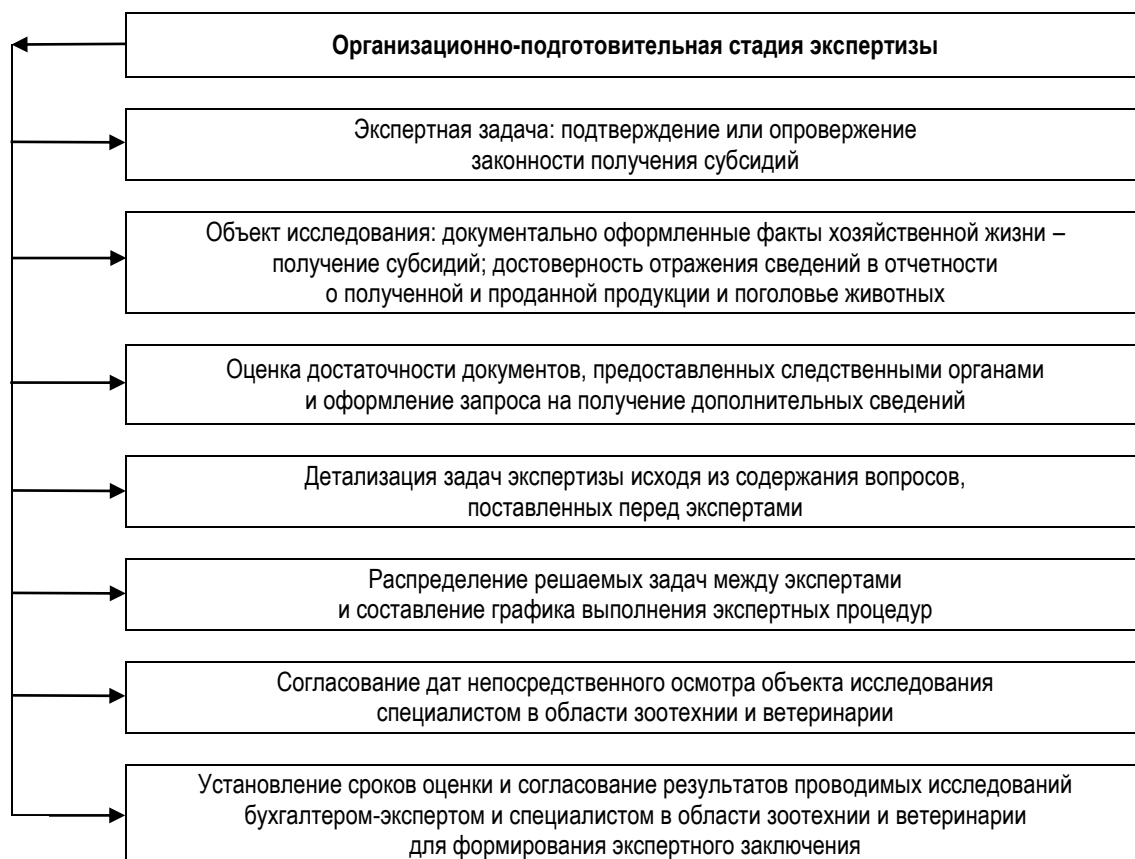
Вопросы могут охватывать ряд смежных периодов. Для ответа на эти вопросы при проведении экспертизы экспертной группе предстоит решать промежуточные задачи. При этом выясняют следующие моменты. Какова динамика движения поголовья животных в разрезе половозрастных групп в течение проверяемого периода в целом по организации и в разрезе подразделений? Имело ли место нарушение в сроках перевода животных из одной группы в другую? Достоверны ли сведения о количестве надоенного молока и полученном приплоде в целом по организации, а также в разрезе направлений животноводства и молочно-товарных ферм? Осуществлялось ли раздельное кормление взрослых животных мясного и молочного направления? Соблюдались ли типовые схемы содержания приплода животных мясного направления (системы и способы содержания, свойственные для мясного скотоводства, сроки отъема телят от коров мясного направления)? Достаточное ли количество племенных животных и закупленного племенного материала, которые необходимы для воспроизводства поголовья соответствующего направления, естественное или искусственное осеменение? Достоверны ли сведения о количестве надоенного молока, в том числе использованного на собственные нужды и реализованного по различным каналам? Тожественны ли сведения, отраженные в первичных и сводных документах о наличии и движении скота, данным, сформированным в системе аналитического учета по счету 01 «Основные средства» и 11 «Животные на выращивании и откорме»? Идентичны ли данные о среднегодовой численности животных мясного и молочного направления сведениям, отраженным в справках о ветеринарно-санитарном благополучии на молочных фермах, выдаваемых государственными ветеринарными органами?

В целях установления полных сведений по системе признаков хозяйственного механизма совершения экономического преступления – наличие способов искажения отчетных показателей, а также их влияние на размер получаемых субсидий – необходимо использование комплексного подхода. С позиции теории судебной экспертизы под комплексным подходом понимают использование специальных знаний и методов из области одной специальности при производстве экспертизы, относящейся к другой специальности [8, 15, 19]. Как видим, ряд поставленных вопросов и решаемых задач выходит за рамки бухгалтерского учета и отчетности и требует мнения квалифицированных специалистов в области зооветеринарной деятельности, которые вместе с бухгалтерами-экспертами должны заниматься решением задач экономической экспертизы и подготовкой ответов на вопросы, поставленные следователями или судом.

Необходимость применения комплексной судебно-экономической экспертизы при расследовании по делам, связанным с незаконным получением государственной поддержки на развитие скотоводства, обусловлена сложной системой технологических и организационно-экономических аспектов деятельности скотоводческих сельскохозяйственных организаций, требующей системно-комплексного исследования. Проведение

комплексной судебно-экономической экспертизы позволяет системно и разносторонне с привлечением экспертов в области разведения и кормления животных исследовать хозяйственную деятельность организации, объединить результаты бухгалтерских экспертных исследований с результатами специальных исследований в области зоотехнии и ветеринарии, сделать общие выводы, обеспечить соблюдение принципа взаимной увязки результатов экспертиз, проводимых в разных областях деятельности и полноту и высокую степень достоверности результатов проводимых экспертных исследований.

Комплексная судебно-экономическая экспертиза о незаконном получении субсидий на развитие скотоводства может быть представлена в виде организационно-подготовительной (рис.), исследовательской и заключительной стадий.



**Содержание организационно-подготовительной стадии экспертизы**

Источник: составлено авторами.

Для проведения исследования по делам получения субсидий в качестве информационной базы должны использоваться как бухгалтерские документы, так и документы зоотехнического и ветеринарного учета. К документам, используемым бухгалтером-экспертом, относятся:

1) документы по учету надоя и движения молока (Ведомость движения молока; Журналы учета надоя молока за 2 периода; ТТН (молсырье); Ведомость бракованного молока; Накладные внутрихозяйственного назначения; Талоны водителя и др.);

2) документы по начислению оплаты труда дояркам за надоенное молоко (Расчет начисления оплаты труда работникам животноводства);

3) документы по учету наличия и движения скота на фермах (Отчеты о движении скота с приложенными первичными документами; Акты на оприходование приплода; Акты на перевод животных из группы в группу; Расчеты определения привеса; ТТН (животные) и др.). В организации составляются документы по каждой ферме в разрезе направлений (молочное и мясное);

4) документы по учету расхода кормов (ведомости учета расхода кормов), указанные документы представлены по фермам, в разрезе групп животных, закрепленных за доярками (но документы велись без четкого разделения на половозрастные группы животных с учетом физиологического состояния и показателей продуктивности как по мясному направлению, так и молочному).

5) инвентарные карточки учета объекта основных средств в части учета взрослого поголовья;

6) статистическая отчетность по форме 24-сх – «Сведения о состоянии животноводства»;

7) Отчет о производстве, затратах, себестоимости и реализации продукции животноводства (форма 13 АПК) – годовой, предоставляемый в администрацию субъектов Российской Федерации;

8) копии Соглашения (договор) между главным распорядителем средства областного бюджета и юридическим лицом (за исключением государственных учреждений), индивидуальным предпринимателем, физическим лицом – производителем товаров, работ, услуг о предоставлении субсидий из областного бюджета на возмещение недополученных доходов и (или) затрат в связи с производством (реализацией) товаров, выполнением работ, оказанием услуг, с приложениями и копия Отчета о движении скота и птицы на ферме;

9) копии Соглашения (договор) между главным распорядителем средств областного бюджета и юридическим лицом (за исключением государственных учреждений), индивидуальным предпринимателем, физическим лицом – производителем товаров, работ, услуг о предоставлении субсидий из областного бюджета на возмещение недополученных доходов и (или) затрат в связи с производством (реализацией) товаров, выполнением работ, оказанием услуг, с приложениями, отражающими сведения о надое и продаже молока.

Перечислим документы, используемые специалистами по зоотехнической работе.

1. Акт выбраковки животных из основного стада; Журнал учета расхода кормов; Акт контрольной дойки; Акт отбора проб молока животных; Товарно-транспортная накладная (животные); договоры покупки племенных животных (телки, нетели (голов), быки-производители) и племенной продукции (сперма (дозы), эмбрионы (шт.)) и др.; Акт регистрации приплода животных; Племенные свидетельства; Акт проведения осеменения животных; Акт определения стельности животных; Акт проведения запуска коров; Журнал выращивания молодняка крупного рогатого скота; Журнал искусственного осеменения, запуска и отелов коров и осемененных телок; Характеристика коров по молочной продуктивности и живой массе за 305 дней последней законченной лактации.

2. Справки о ветеринарно-санитарном благополучии на молочных фермах, оформляемые в системе ФГИС «Меркурий», предоставленные на электронном и бумажном носителях, а также справки, оформленные ветеринарным врачом, о численности дойного поголовья, от которого взяты пробы молока, используемого для анализа при оформлении Справок безопасности молока, которые могут быть оформлены в произвольной форме.

3. Ветеринарные свидетельства, подтверждающие закупку и продажу животных с указанием пород животных.

4. Справка государственной ветеринарной службы о проведенных мероприятиях по вакцинации поголовья крупного рогатого скота, принадлежащего хозяйствующему субъекту.

5. Документы на закупку племенного скота (договоры, племенные свидетельства) и племенного материала.

Исследовательская и заключительная стадии комплексной судебно-экономической экспертизы проводятся поэтапно. Рассмотрим содержание этих этапов по вопросам, поставленным экспертам при исследовании по делам о незаконном получении субсидий.

*1 этап* – установление фактов соответствия (несоответствия) отражения сведений о количестве надоенного молока в различных документальных источниках. Инспектирование начинается с проверки правильности оформления первичных документов, отражающих сведения о количестве надоенного молока. По данным журналов учета надоенного молока устанавливается количество произведенного молока по каждому подразделению и каждой доярке и поголовье доившихся ими коров. В ходе проведения экспертизы может быть выявлен ряд нарушений. В отдельных хозяйствующих субъектах журнал учета надоя молока оформляется не по правилам: отсутствуют сведения о количестве животных, закрепленных за отдельными доярками; данные о количестве молока не подтверждаются подписями доярок – не актуализирован документ. Сопоставленные данные о количестве надоенного молока, отраженные в журналах учета надоя молока и расчетах начисленной оплаты труда работникам животноводства не всегда совпадают. При этом могут быть выявлены расхождения в отражении фамилий доярок, получающих зарплату за надой молока и фамилий доярок, осуществляющих доение коров. При проведении экспертизы установлено, что в журнале учета надоя молока изо дня в день отражаются одинаковые сведения о количестве надоенного молока утром, в обед и вечером. На этом этапе эксперты могут сделать вывод о том, что реальные сведения о фактическом надое молока не представлены в документах, переданных следственным органам, и отражаются во вспомогательных документах, которые используются для начисления заработной платы.

*2 этап* – выявление искажений в отчетности о наличии поголовья скота мясного и молочного направления. Проводится путем исследования организации раздельного кормления коров в разрезе молочного и мясного направлений. На этом этапе применяются метод инспектирования для исследования данных, отраженных в ведомостях расхода кормов в разрезе половозрастных групп и направлений животных. Несмотря на то, что в документах, предоставленных на получение субсидий на поддержку молочного и мясного скотоводства отражается дифференцировано поголовье скота молочного и мясного направления, данные об однотипном расходе кормов могут свидетельствовать о манипулировании отчетными сведениями о поголовье животных различных производственных направлений. О нарушении свидетельствует то, что поголовье животных, отраженное в отчетности в разрезе мясного и молочного направления, фактически кормится исходя из одинаковых рационов. Специалистом по зоотехнии выявлено, что существующие рационы не соответствуют требованиям, предъявляемым к системам кормления в мясном скотоводстве. По данным ведомости учета расхода кормов выявляется факт несвоевременного перевода нетелей во взрослое стадо (количество поголовья дойных коров, отраженных в ведомостях, значительно превышает количество животных основного стада, представленного в отчетах о движении скота и птицы). Эксперты расчетным путем определяют количество сухостойных коров и исходя из физиологического периода стельности маточного поголовья рассчитывают величину превышения количества фактического дойного поголовья коров и данных о количестве животных, отраженных в документах и учетных регистрах по учету поголовья. Исходя из этого эксперты делают вывод о преднамеренном занижении сведений о количестве дойных коров молочного направления с целью завышения их продуктивности, дающей право на получение субсидий с учетом повышающих коэффициентов.

*3 этап* – исследование технологии содержания и обоснованности перевода телят молочного и мясного направления по половозрастным группам. Экспертами выявлено, что несмотря на раздельное отражение поголовья молодняка мясного и молочного

направления, может быть установлен факт однотипного содержания приплода и молодняка животных. При этом выявляют сроки отъема родившихся телят от коров. Типичное нарушение – несоблюдение технологии производства говядины в мясном скотоводстве. В соответствии с научно обоснованной технологией в мясном скотоводстве для значительного снижения затрат на производство высококачественной говядины родившихся телят принято содержать с коровой на протяжении 6–8 месяцев [18]. Используется система «корова – теленок», при которой телята находятся на подсосе. В случае выявления фактов отъема телят, числившихся в направлении мясного скотоводства в возрасте 20–30 дней, эксперты могут сделать вывод об искажении количества фуражных коров, принимаемых в расчет при определении молочной продуктивности. При этом молоко, фактически полученное от коров, отраженных в отчетности в группе животных мясного скотоводства, но учтенное на молочных фермах, завышает валовой надой молока и продуктивность животных основного стада, учтенных в группе молочного скотоводства.

*4 этап* – исследование операций перевода животных из группы нетели в группу коровы. Детальное исследование документов, отражающих перевод животных из одной половозрастной группы в другую группу, и сопоставление сведений о получении приплода от поголовья позволяет выявить факты манипулирования данными о поголовье продуктивных животных в связи с тем, что нетели после получения от них приплода не переводятся своевременно в группу коров основного стада. При проведении экспертиз выявлено нарушение сроков перевода от 7 до 20 месяцев. В связи с тем, что от нетелей получают товарное молоко, которое учитывается как полученное от основного молочного стада, такие нарушения также завышают продуктивность животных в отчетности организации и искажают статистическую отчетность в части молочной продуктивности и выхода приплода на 100 голов маточного поголовья.

*5 этап* – сравнение динамики продуктивности животных по подразделениям с нормативными данными о продуктивности по конкретной породе. Выявленная значительная дифференциация продуктивности животных по подразделениям в конкретные периоды (месяцы) и существенные отклонения от средних и рекордных показателей продуктивности конкретной породы также подтверждают предварительные выводы, сделанные на предыдущих этапах исследования, о преднамеренном искажении данных о поголовье животных молочного направления с целью обоснования получаемых субсидий из бюджета. По отдельным подразделениям в результате конкретных экспертиз наблюдалось завышение выхода телят на 100 голов маточного поголовья в 2 и более раз.

*6 этап* – расчетным путем определяется количество животных, подлежащих отражению общего поголовья фуражных коров в отчетности организации. Для этого путем применения процедур моделирования осуществляют корректировку учетных данных (отчетные данные уточняются за счет пересчета поголовья молочного стада и мясного стада коров по результатам выявленных искажений на предыдущих этапах исследования). Кроме расчетных процедур, применяются логические процедуры, основанные на научных знаниях в области зоотехнии.

*7 этап* – сравнение сведений о поголовье фуражных коров, отраженных в отчете о движении скота, и отчетности, предоставляемой государственными органам управления с данными о начисленной заработной плате за полученное молоко и уход за животными, а также со сведениями о кормлении животных и расчетными показателями о переводе нетелей и телок старше 2 лет позволяет определить количество доившихся животных и отклонения сведений, отраженных в отчетности от расчетных данных.

*8 этап* – осуществляется сравнение и совместная оценка результатов проводимых экспертных исследований, систематизация результатов исследования и составление заключения комплексной судебно-экономической экспертизы по делу о незаконном получении субсидий.

Непредоставление исходной документации, отражающей бизнес-процессы молочного и мясного скотоводства (например, актов о проведении осеменения животных, актов определения стельности животных, актов определения запуска коров, журналов искусственного осеменения и др.) не позволяет сделать точный вывод о наличии животных с разбивкой по направлениям скотоводства. Поэтому ответы на поставленные вопросы обосновываются расчетным путем: на основании полученных данных в ходе исследования и нормативных показателей формируется ответ о продуктивности животных и наличии скота с разбивкой по половозрастным группам и направлениям содержания.

В результате экспертами могут быть сделаны выводы о наличии в отчетности, представленной организацией для получения субсидий, преднамеренных искажений. При выявлении искажений в отдельных случаях может быть рассчитана сумма размера незаконно полученных денежных средств в виде субсидий.

### **Выводы**

Таким образом, исходя из результатов исследуемых экспертных заключений по делам о незаконном получении субсидий на развитие молочного и мясного скотоводства можно сделать вывод о том, что производство данных экспертиз представляет собой определенный алгоритм последовательных действий группы экспертов, в которую входят специалисты по бухгалтерскому учету и зоотехнии, основанный на комплексном применении методов и процедур контрольно-ревизионной и экспертной деятельности. Также стоит отметить, что отсутствие единого подхода к производству судебно-бухгалтерской и технологической экспертизы применительно к рассматриваемой категории дел вызывает необходимость адаптации общих методов и процедур, а также разработки конкретных методик комплексной судебно-экономической экспертизы применительно к условиям деятельности хозяйствующих субъектов.

---

### **Список источников**

1. Алибеков Ш.И. Судебно-бухгалтерская экспертиза. Москва: Юстицинформ, 2006. 144 с.
2. Арабян К.К. Единая концепция финансового контроля в Российской Федерации // Аудитор. 2014. № 2(228). С. 49–54.
3. Белуха Н.Т. Судебно-бухгалтерская экспертиза: учебное пособие. Москва: Дело, 1993. 272 с.
4. Ванюшкин С.В., Гришко А.Я., Демидов Ю.Н. и др. Криминология: учебник; под общ. ред. проф. А.И. Долговой. 3-е изд., перераб. и доп. Москва: Норма, 2005. 912 с.
5. Головин С.В. Развитие методологии ведомственного контроля финансово-хозяйственной деятельности // Международный бухгалтерский учет. 2022. Т. 25, № 7(493). С. 806–818. DOI: 10.24891/ia.25.7.806.
6. Кеворкова Ж.А. Последовательность осуществления процедур бухгалтерской экспертизы финансовой отчетности // Модернизация экономики и управления: сборник научных статей II Международной научно-практической конференции (Ставрополь, 27 февраля 2014 г.). Ставрополь: Изд-во Ставролит, 2014. С. 180–181.
7. Козменкова С.В., Головкина Е. А. Экономическая экспертиза по делам о незаконном получении и использовании кредита: проблемы и особенности // Бухгалтерский учет в бюджетных и некоммерческих организациях. 2022. № 17(545). С. 11–23.
8. Козменкова С.В., Груздева О.О. Использование комплексной судебно-экономической экспертизы по делам, связанным с искажением финансовой отчетности // Бухгалтерский учет в бюджетных и некоммерческих организациях. 2020. № 13(493). С. 17–26.
9. МВД: ущерб от экономических преступлений достиг в 2021 году 642 млрд рублей [Электронный ресурс] // Вести.RU. Экономика. 30 января 2022 г. URL: <https://www.vesti.ru/finance/article/2670213> (дата обращения: 15.02.2023).

10. Международный стандарт аудита 330 «Аудиторские процедуры в ответ на оцененные риски»: Приказ Минфина России от 09.01.2019 № 2н (ред. от 27.10.2021) [Электронный ресурс]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_317265/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_317265/) (дата обращения: 27.04.2023).
11. О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации: Федеральный закон от 31.05.2001 № 73-ФЗ (ред. от 01.07.2021) [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/12123142/> (дата обращения: 16.04.2023).
12. О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации: Федеральный закон от 31.07.2020 № 248-ФЗ (ред. от 14.07.2022) [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/74449814/> (дата обращения: 16.04.2023).
13. О некоторых вопросах практики применения арбитражными судами законодательства об экспертизе: Постановление Пленума Высшего Арбитражного Суда Российской Федерации от 04 апреля 2014 г. № 23 [Электронный ресурс]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_162155/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_162155/) (дата обращения: 15.05.2023).
14. Ожегов С.И. Словарь русского языка; под ред. Н.Ю. Шведовой. 14-е изд., стереотип. Москва: Русский язык, 1983. 816 с.
15. Россинская Е.Р. Методологические и правовые проблемы комплексных судебных экспертиз в условиях реформирования законодательства о судебно-экспертной деятельности // Вестник Московского университета МВД России. 2014. № 6. С. 12–18.
16. Серебрякова Т.Ю. Риски организации и внутренний экономический контроль: монография. Москва : ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2018. 111 с.
17. Словарь иностранных слов. 11-е изд., стереотип. Москва: Русский язык, 1984. 608 с.
18. Шевхужев А.Ф., Легошин Г.П. Мясное скотоводство и производство говядины: учебник. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 380 с.
19. Ярмак К.В. Современные тенденции развития комплексных экспертиз // Вестник Московского университета МВД России. 2014. № 6. С. 7–12.

#### References

1. Alibekov Sh.I. Sudebno-bukhgalterskaya ekspertiza [Forensic accounting examination]. Moscow: Yustitsinform Press; 2006. 144 p. (In Russ.).
2. Arabyan K.K. Edinaya kontseptsiya finansovogo kontrolya v Rossijskoj Federatsii [Single concept of financial control in the Russian Federation]. *Auditor = Auditor*. 2014;2(228):49-54. (In Russ.).
3. Belukha N.T. Sudebno-bukhgalterskaya ekspertiza: uchebnoe posobie [Forensic accounting examination: study guide]. Moscow: Delo Press; 1993. 272 p. (In Russ.).
4. Vanyushkin S.V., Grishko A.Ya., Demidov Yu.N. et al. Kriminologiya: uchebnik; pod obshchej redaktsiej prof. A.I. Dolgovoj. 3-e izd., pererab. i dop. [Criminology: textbook; under the general editorship of the professor A.I. Dolgova]. Moscow: Norma Press; 2005. 912 p. (In Russ.).
5. Golovin S.V. Razvitie metodologii vedomstvennogo kontrolya finansovo-khozyajstvennoj deyatel'nosti [Development of the methodology of departmental control of financial and economic activities]. *Mezhdunarodnyj bukhgalterskij uchet = International Accounting*. 2022;25(7):806-818. DOI 10.24891/ia.25.7.806. (In Russ.).
6. Kevorkova Zh.A. Posledovatel'nost' osushchestvleniya protsedur bukhgalterskoj ekspertizy finansovoj otchetnosti [Consistent implementation procedures of financial statements accounting examination]. Modernizatsiya ekonomiki i upravleniya: sbornik nauchnykh statej II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii (Stavropol', 27 fevralya 2014 g.) [Modernization of Economics and Management: collection of scientific articles of the II International Research-to-Practice Conference (Stavropol, February 27, 2014)]. Stavropol: Stavrolit Press; 2014:180-181. (In Russ.).
7. Kozmenkova S.V., Golovkina E.A. Ekonomicheskaya ekspertiza po delam o nezakonnom poluchenii i ispol'zovanii kredita: problemy i osobennosti [Economic examination in cases of illegal receipt and use of credit: problems and features]. *Bukhgalterskij uchet v byudzhetnykh i nekommercheskikh organizatsiyakh = Accounting in Budgetary and Non-Profit Organizations*. 2022;17(545):11-23. (In Russ.).
8. Kozmenkova S.V., Gruzdeva O.O. Ispol'zovanie kompleksnoj sudebno-ekonomicheskoy ekspertizy po delam, svyazannym s iskazheniem finansovoj otchetnosti [The use of complex forensic-economic examination in cases related to distortion financial statements]. *Bukhgalterskij uchet v byudzhetnykh i nekommercheskikh organizatsiyakh = Accounting in Budgetary and Non-Profit Organizations*. 2020;13(493):17-26. (In Russ.).
9. MVD: ushcherb ot ekonomicheskikh prestuplenij dostig v 2021 godu 642 mlrd rublej. Vesti.RU. Ekonomika. 30 yanvarya 2022 g. [The Ministry of Internal Affairs: the damage from economic crimes reached 642 billion rubles in 2021. Vesti.RU. Economics. January 30, 2022. URL: <https://www.vesti.ru/finance/article/2670213>. (In Russ.).
10. Mezhdunarodnyj standart audita 330 "Auditorskie protsedury v otvet na otsenennyye riski": Prikaz Minfina Rossii ot 09.01.2019 № 2n (red. ot 27.10.2021) [International Standard on Auditing 330 "Audit procedures in response to assessed risks": Order of the Ministry of Finance of the Russian Federation No. 2n of 09.01.2019 (revised at 27.10.2021)]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_317265/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_317265/). (In Russ.).
11. O gosudarstvennoj sudebno-ekspertnoj deyatel'nosti v Rossijskoj Federatsii: Federal'nyj zakon ot 31.05.2001 № 73-FZ (red. ot 01.07.2021) [Concerning the state forensic expert activity in the Russian Federation: Federal Law No. 73-FZ of 31.05.2001 (as amended on 01.07.2021)]. URL: <https://base.garant.ru/12123142/>. (In Russ.).



12. O gosudarstvennom kontrole (nadzore) i munitsipal'nom kontrole v Rossijskoj Federatsii: Federal'nyj zakon ot 31.07.2020 № 248-FZ (red. ot 14.07.2022) [On State Control (Supervision) and Municipal Control in the Russian Federation: Federal Law No. 248-FZ of 31.07.2020 (as amended on 14.07.2022)]. URL: <https://base.garant.ru/74449814/>. (In Russ.).

13. O nekotorykh voprosakh praktiki primeneniya arbitrazhnymi sudami zakonodatel'stva ob ekspertize: Postanovlenie Plenuma Vysshego Arbitrazhnogo Suda Rossijskoj Federatsii ot 04 aprelya 2014 g. № 23 [On some issues of the practice of application by arbitration courts of legislation on expertise: Resolution of the Plenum of the Supreme Arbitration Court of the Russian Federation of April 04, 2014 No. 23]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_162155/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_162155/). (In Russ.).

14. Ozhegov S.I. Slovar' russkogo yazyka; pod red. N.Yu. Shvedovoj. 14-e izd., stereotip. [Dictionary of the Russian Language; under the editorship of N.Yu. Shvedova]. Moscow: Russian Language Press;1983. 816 p. (In Russ.).

15. Rossinskaya E.R. Metodologicheskie i pravovye problemy kompleksnykh sudebnykh ekspertiz v usloviyakh reformirovaniya zakonodatel'stva o sudebno-ekspertnoj deyatel'nosti [Methodological and legal problems of complex forensic examinations during the reform of legislation on forensic activities]. *Vestnik Moskovskogo universiteta MVD Rossii = Bulletin of the Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia*. 2014;6:12-18. (In Russ.).

16. Serebryakova T.Yu. Riski organizatsii i vnutrennij ekonomicheskij kontrol': monografiya [Risks of the organization and internal economic control: monograph]. Moscow: Academic Publishing Centre INFRA-M; 2018. 111 p. (In Russ.).

17. Slovar' inostrannykh slov: 11-e izd., stereotip. [Dictionary of Foreign Words: 11<sup>th</sup> edition, stereotype]. Moscow: Russian Language Press;1984. 608 p. (In Russ.).

18. Shevkhuzhev A.F., Legoshin G.P. Myasnoe skotovodstvo i proizvodstvo govyadiny: uchebnik [Beef cattle breeding and beef production: textbook]. Saint-Petersburg: Lan' Press; 2021. 380 p. (In Russ.).

19. Yarmak K.V. Sovremennye tendentsii razvitiya kompleksnykh ekspertiz [The modern trends in the development of complex expertise]. *Vestnik Moskovskogo universiteta MVD Rossii = Bulletin of the Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia*. 2014;6:7-12. (In Russ.).

#### **Информация об авторах**

С.А. Звягин – доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры экономической безопасности и бухгалтерского учета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», [patzv@mail.ru](mailto:patzv@mail.ru).

В.Г. Широбоков – доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой бухгалтерского учета и аудита ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [ssn3@bk.ru](mailto:ssn3@bk.ru).

Е.С. Артемов – кандидат сельскохозяйственных наук, зав. кафедрой частной зоотехнии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [evgeartemov@yandex.ru](mailto:evgeartemov@yandex.ru).

И.Е. Стрыгина – кандидат экономических наук, доцент кафедры социально-гуманитарных, правовых и экономических дисциплин ФГКОУ ВО «Воронежский институт Министерства внутренних дел Российской Федерации», [Strigina.in@yandex.ru](mailto:Strigina.in@yandex.ru).

М.Б. Чиркова – доктор экономических наук, профессор кафедры бухгалтерского учета и аудита ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [chirkovamb@mail.ru](mailto:chirkovamb@mail.ru).

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

S.A. Zvyagin, Doctor of Economic Sciences, Professor, the Dept. of Economic Security and Accounting, Voronezh State University, [patzv@mail.ru](mailto:patzv@mail.ru).

V.G. Shirobokov, Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the Dept. of Accounting and Auditing, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [ssn3@bk.ru](mailto:ssn3@bk.ru).

E.S. Artemov, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Dept. of Special Animal Science, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [evgeartemov@yandex.ru](mailto:evgeartemov@yandex.ru).

I.E. Strygina, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Social, Humanitarian, Legal and Economic Disciplines, Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, [Strigina.in@yandex.ru](mailto:Strigina.in@yandex.ru).

M.B. Chirkova, Doctor of Economic Sciences, Professor, the Dept. of Accounting and Auditing, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [chirkovamb@mail.ru](mailto:chirkovamb@mail.ru).

Статья поступила в редакцию 16.05.2023; одобрена после рецензирования 20.06.2023; принята к публикации 23.06.2023.

The article was submitted 16.05.2023; approved after reviewing 20.06.2023; accepted for publication 23.06.2023.

© Звягин С.А., Широбоков В.Г., Артемов Е.С., Стрыгина И.Е., Чиркова М.Б., 2023

5.2.4. ФИНАНСЫ  
(ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 336.02

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2023\_2\_286

EDN: WTVLEC

**Инструменты обеспечения финансовой  
и налоговой безопасности региона**

**Лариса Викторовна Брянцева<sup>1✉</sup>, Елена Евгеньевна Бичева<sup>2</sup>**

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

<sup>1</sup>blv2466@mail.ru<sup>✉</sup>

**Аннотация.** Актуальность исследований различных составляющих экономической безопасности регионов в последние годы не снижается, несмотря на большое количество публикаций в академической литературе, предлагающих многообразные трактовки сути этой категории, подходы и инструменты ее измерения и повышения. Финансовая безопасность (ФБ) признается одним из важнейших элементов системы экономической безопасности (ЭБ) как на макро-, так и на микроуровне, при этом региональный уровень не является исключением. Для данного уровня исследования основой формирования ФБ являются бюджетные отношения, а угрожают ей фискальные риски. Финансовая безопасность любого региона формируется под влиянием широкого круга факторов, часть из которых действуют напрямую, а другие – опосредованно. Целью исследования является анализ пяти составляющих ФБ региона и выделение особой роли налоговой безопасности. Обоснованы сущность и особенности региональной ФБ как важнейшего инструмента, воздействующего на экономику региона в целях обеспечения его ЭБ в целом, а также особая роль налоговой безопасности как одной из пяти подсистем обеспечения региональной ФБ, ее прямая зависимость от обоснованности и целесообразности проводимой налоговой политики. Выделяются показатели для характеристики и объективного количественного описания достигнутого уровня по каждой из подсистем ФБ региона. При этом часть показателей пригодна для анализа соответствующей сферы экономической системы региона в целом, а часть является специфическими применительно к соответствующему элементу региональной безопасности. Практическая значимость разработанных методических подходов состоит в их универсальности и применимости для описания уровня ФБ любого субъекта РФ, а также в обеспечении сопоставимости при сравнении регионов в случае их применения. Выявлены и описаны пять подсистем ФБ региона: бюджетная, инвестиционная, банковско-кредитная, инфляционная и налоговая с выделением особой роли последней. Подобраны общие специфические показатели для количественной характеристики каждой из пяти подсистем.

**Ключевые слова:** регион, финансовая безопасность, бюджет, риск, бюджетная политика, налоги

**Для цитирования:** Брянцева Л.В., Бичева Е.Е. Инструменты обеспечения финансовой и налоговой безопасности региона // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 2(77). С. 286–293. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_286-293](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_286-293).

5.2.4. FINANCE  
(ECONOMIC SCIENCES)

Original article

**Economic management instruments for ensuring  
financial and tax security of the region**

**Larisa V. Bryantseva<sup>1✉</sup>, Elena E. Bicheva<sup>2</sup>**

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

<sup>1</sup>blv2466@mail.ru<sup>✉</sup>

**Abstract.** The relevance of research on various components of the economic security of the regions has not decreased in recent years, despite a large number of publications in the academic literature offering diverse interpretations of the essence of this category, approaches and tools for its measuring and improving. Financial security is widely recognized as one of the most important elements of the economic security system at both the macro- and microlevels, while the regional level is no exception. For this level of research, the basis for the formation of financial security is budgetary relations, whereas fiscal risks pose a threat to financial security. The financial security of any region is formed under the influence of a wide range of factors, some of which affect it directly, and others indirectly. The purpose of the study was to analyze the five components of the financial security of the region and highlight the special role of tax security. The authors substantiated the essence and features of regional financial security policy as the most important tool affecting the economy of the region in order to ensure its security as a whole, as well as the special role of tax security as one of the five subsystems of regional financial security, its direct dependence on the validity and expediency of the tax policy; highlighted the indicators for the characteristic and objective quantitative description of the achieved level for each of the subsystems of the financial security of the region; some of the indicators are suitable for analyzing the relevant sphere of the economic system of the region as a whole, and some are specific in relation to the relevant element

of regional security. The practical significance of the developed methodological approaches lies in their universality and applicability to describe the level of financial security of any subject of the Russian Federation, as well as in ensuring comparability when comparing regions in the case of their application. The authors identified and described five subsystems of the financial security of the region, i.e. budgetary, investment, banking and credit, inflation and tax, with the emphasis on the special role of the latter. General specific indicators have been selected for the quantitative characteristics of each of the five subsystems.

**Keywords:** region, financial security, budget, risk, budget policy, taxes

**For citation:** Bryantseva L.V., Bicheva E.E. Economic management instruments for ensuring financial and tax security of the region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(2):286-293. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_286-293](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_286-293).

Актуальность исследований различных составляющих экономической безопасности регионов в последние годы не снижается несмотря на большое количество публикаций в академической литературе, предлагающих многообразные трактовки сути этой категории, подходы и инструменты ее измерения и повышения [1, 5]. Финансовая безопасность широко признается одним из важнейших элементов системы экономической безопасности как на макро-, так и на микроуровне, при этом региональный уровень не является исключением. Для данного уровня исследования основой формирования финансовой безопасности являются бюджетные отношения, а угрожают ей фискальные риски.

Отсюда рядом исследователей [3, 4] аргументируется гипотеза, согласно которой прямое влияние на финансовую безопасность региона способна оказать его бюджетная политика, а также бюджетная политика национального уровня.

Финансовая безопасность любого региона формируется под влиянием широкого круга факторов, часть из которых действуют на нее напрямую, а другие – опосредованно, причем иногда влияние имеет место через 2–4 промежуточных явления или подсистем. Очевидно, что влияние это может быть как положительным, так и отрицательным, а те факторы, которые оказывают либо могут оказывать отрицательное влияние, ослабляющее финансовую безопасность, считаются финансовыми рисками региона.

Содержание понятия финансовой безопасности тесно связано с понятием сбалансированности, которую можно определить как баланс между потребностями социально-экономической системы региона в финансовых ресурсах и их фактически доступным объемом (включая привлекаемые инвестиции и кредиты). В более широком плане финансовую безопасность можно понимать как состояние региона, при котором его финансовая система создает финансовый потенциал, достаточный для сохранения устойчивости социально-экономической системы региона, несмотря на возможности возникновения угрозы и реализации рисков событий в средне- и долгосрочной перспективе [2]. Обе трактовки не подразумевают непосредственного наличия необходимого объема денежных средств в распоряжении региональных властей непосредственно в момент наблюдения, однако они должны генерироваться внутри системы в строгом хронологическом соответствии с периодами проявления потребности в них.

Финансовая безопасность региона представляется комплексным понятием, которое, с точки зрения теории систем, включает ряд подсистем (рис. 1).

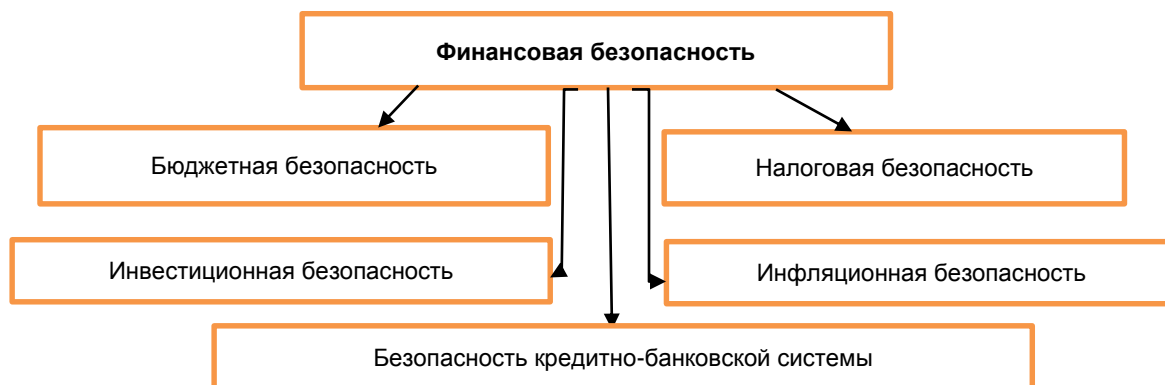


Рис. 1. Состав подсистем финансовой безопасности региона

Достаточно близким к сущности понятия финансовой безопасности в целом является термин «бюджетная безопасность региона». Как бюджет состоит из доходной и расходной частей, так и понятие «бюджетная безопасность» включает две составляющие: сбалансированность доходной и расходной частей, то есть достаточность бюджета, а также эффективность использования бюджетных средств. Следует признать, что данное понятие применимо как на федеральном, так и на региональном и местном уровнях бюджетной системы, однако оно может оцениваться по разным показателям.

Если такие показатели, как размер дефицита/профицита бюджета, соотношение налоговых и неналоговых доходов универсальны для всех уровней системы, то коэффициент бюджетной автономии, столь важный для характеристики региона или муниципального образования, на федеральном уровне не исчисляется.

Следует также отметить, что в настоящее время рекомендуется использовать показатели состояния, устойчивости и независимости регионального бюджета в качестве параметров бюджетной безопасности, однако методически корректнее было бы сформировать систему специальных показателей, способных выявить проблемы бюджетной безопасности [10]. В частности, к таким показателям можно отнести дефицит бюджета, уровень закредитованности региона и долю налоговых недоимок. Также можно рекомендовать включить в этот перечень показатель среднего уровня рентабельности (окупаемости) бюджетных предприятий регионального подчинения, так как их прибыли и убытки оказывают прямое воздействие на наполнение или, напротив, расходование бюджета.

Формирование и поддержание бюджетной безопасности региона является одной из задач органов его власти, которая решается посредством принятия и реализации бюджетной политики, включающей в себя политику доходов и расходов бюджета, политику межбюджетных отношений, политику управления региональной собственностью и бюджетно-кредитную политику.

Инвестиционная безопасность региона понимается исследователями как состояние защищенности инвестиционных проектов, планируемых либо реализуемых в регионе как с точки зрения достаточности и своевременности поступления привлеченных средств, так и с позиции гарантированного возврата инвестиций или получения инвестиционного дохода, делающего данный регион и/или конкретный проект привлекательным для инвесторов.

Инвестиционную безопасность можно считать элементом сразу трех подсистем безопасности региона:

- финансовой: инвестиции являются важным источником средств для развития и экономического благосостояния территории; они могут направляться в самые разные отрасли, а привлекающие инвестиции и успешно реализуемые коммерческие проекты, приносят прибыль и, соответственно, налоги, способствуя наполнению бюджета;

- инновационной: нередко инвестиции привлекаются для реализации инновационных, прогрессивных проектов, что обеспечивает поступательное технологическое и организационное развитие региона; более того, инвестиционные проекты имеют тенденцию формировать портфели и линейки проектов, то есть реализация одного проекта может создавать не только финансовую, но и научно-техническую основу для одного или даже многих новых;

- социальной: приток инвестиций способствует созданию новых рабочих мест и/или повышает привлекательность уже существующих (размер оплаты, уровень ответственности, творческий характер работ и др.), а приток денежных средств в бюджет создает возможности реализации программ социальной поддержки граждан и развития социальной инфраструктуры.

Диагностика инвестиционной безопасности может быть выполнена с помощью следующих стандартных показателей, применяемых для оценки инвестиционного климата, а также динамики и объема получаемых инвестиций: совокупный объем инвестиций, структура инвестиций по источникам (внешние, реинвестирование собственной прибыли предприятий, внутрирегиональные, бюджетные), структура по направлениям (отраслям) привлечения, отношение объема инвестиций к ВРП.

Кроме того, можно использовать и такие специальные показатели оценки инвестиционной безопасности, как: средний срок окупаемости проектов в регионе и по отраслям, средняя норма доходности инвестиций, доля инвестиций в низкорисковые ценные бумаги от общего объема инвестиций и др.

Безопасность кредитно-банковской системы региона является одной из самых сложных подсистем финансовой безопасности. Она охватывает только банковский и смежные финансовые секторы экономики региона, однако при этом косвенно влияет на все остальные сферы регионального развития и безопасности [9]. Данный термин предполагает наличие ряда условий:

- достаточность финансовых организаций и их кредитных ресурсов для кредитной поддержки расширенного воспроизводства в регионе;
- финансовая и правовая устойчивость банков, отсутствие рисков банкротств, отзыва лицензий и подобных негативных явлений в данном секторе;
- стабильные тарифы на оказание банковских услуг и проценты по выдаваемым кредитам;
- прозрачные, понятные и взаимовыгодные условия в рамках кредитных отношений, не ставящие ни банки, ни заемщиков в финансово нестабильное и рискованное положение;
- высокая кредитная и платежная дисциплина;
- банковско-кредитная система, развивающаяся пропорционально росту экономики.

Сформировать более-менее исчерпывающий перечень показателей для оценки данной подсистемы финансовой безопасности не представляется возможным в силу огромного количества и разнообразия потенциально значимых критериев, а также различий в понимании собственной финансовой безопасности разными финансовыми организациями. Однако универсальными индикаторами состояния банковско-кредитной безопасности выступают:

- количество финансово-кредитных организаций в регионе;
- их абсолютный оборот либо чистые активы и их отношение к ВРП;
- доля невозвратов кредитов в общем объеме выданных;
- доля обанкротившихся, утративших лицензию или поглощенных финансово-кредитных организаций за период от общего числа действовавших на начало периода.

Банковский сектор экономики рядом исследователей признается одним из наиболее рискованных, что связано с отсутствием материальной составляющей в его деятельности, которая в случае кризисных явлений может иметь самостоятельную ценность и альтернативные варианты применения. В деятельности финансово-кредитных организаций обычно выявляют следующие риски:

- кредитный (дефицит кредитных ресурсов, просрочка и невозврат кредитов и др.);
- риск ликвидности;
- риск активов в целом;
- снижение доходности по инвестиционным операциям, в свою очередь сокращающее объем доступных ресурсов;
- информационные угрозы и риски, связанные с расширением применения информационных, цифровых технологий;
- международные, политические риски.

Инфляционная безопасность скорее типична и измерима для национального уровня финансовой безопасности, однако ее рассматривают и на региональном уровне. По экономическим условиям регионы РФ крайне разнообразны, инфляционные процессы на их территориях могут протекать по-разному. Подчеркнем, что речь идет не только о разнице индексов цен по регионам, но и о пропорциях: в одних регионах в специфических ситуациях могут быстрее расти потребительские цены или даже цены на отдельные товарные группы, в других – тарифы за использование коммерческой и инженерной инфраструктуры и др. [6, 8].

Считается, что инфляционная безопасность тем выше, чем ниже регистрируемый уровень инфляции, однако это не совсем корректное утверждение. Слишком низкие показатели инфляции или даже дефляция также угрожают финансовой безопасности страны или региона.

В нашей стране считается приемлемым уровень инфляции 4% в год, однако стоит упомянуть и о том, что снижение уровня инфляции до 1% в год и менее также нежелательно.

Инфляционная безопасность региона оценивается индексами цен на отдельных рынках: потребительских, сырьевых, энергетических и др.

До недавних пор еще одним важным параметром для оценки инфляционной безопасности был обменный курс основных мировых валют к рублю: доллара США и евро. Однако под влиянием санкций и проводимой международной экономической политики воздействие этих валют на экономику страны начало снижаться и в перспективе можно прогнозировать сохранение этого тренда. Следовательно, не отрицая влияния валютных курсов на инфляционную безопасность страны в целом и отдельных регионов, следует рекомендовать учитывать обменные курсы с национальными валютами тех стран, с которыми у конкретного региона или товаропроизводителя имеется значительный торговый оборот. Такими странами могут быть не только Беларусь, Турция или Китай, но и менее традиционные партнеры, торгующая в национальных валютах с которыми быстро расширяется: Индия, Пакистан, Иран, Узбекистан, Таджикистан, Грузия, Монголия, страны Африки.

Наконец, для многих регионов одной из наиболее значимых составляющих финансовой безопасности выступает налоговая безопасность. Учитывая ее место среди других элементов финансовой безопасности (рис. 2), считаем необходимым уделить ей несколько больше внимания, чем остальным четырем подсистемам.

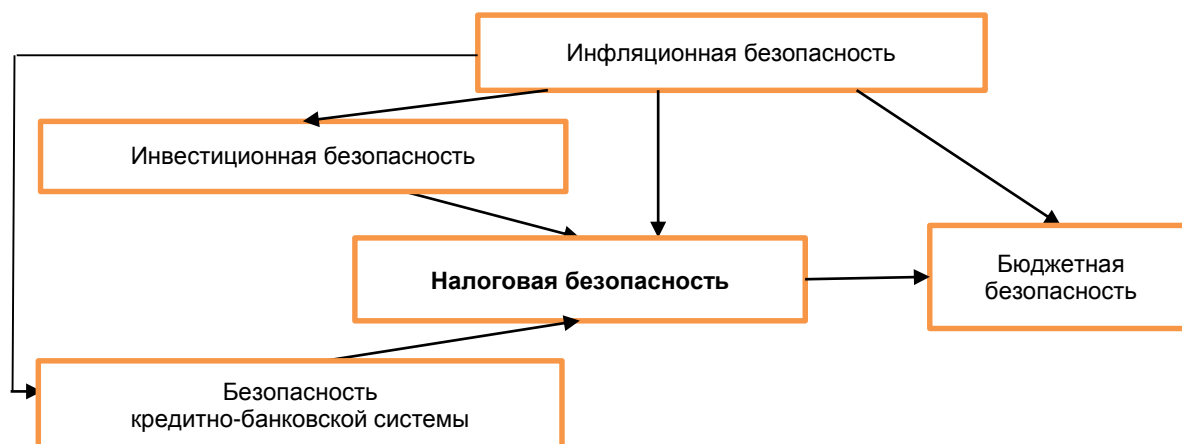


Рис. 2. Место налоговой безопасности в системе обеспечения финансовой безопасности региона

Эффективность налоговой политики и ее соответствие особенностям экономического развития, состоянию и динамике экономического потенциала региона во многом определяют финансовую безопасность региона.

Все угрозы налоговой безопасности можно разделить на несколько групп.

1. Сокращение налогового потенциала: стагнация экономики, уход ее в «тень», снижение прибыльности и иные подобные явления могут сокращать налоговую базу по части или всем региональным налогам.

2. Сокрытие налогов: имеет место при сохранении или даже наращивании налогового потенциала, но низкой налоговой дисциплине. В этом случае экономика развивается, а роста налоговых сборов не наблюдается.

3. Неэффективная налоговая политика: применяемые налоговые инструменты воздействия на экономику приводят либо к сокращению налогового потенциала, либо к росту сокрытия налогов, тогда как целью налоговой политики всегда является рост совокупных налоговых поступлений.

Налоговая политика как на национальном, так и на региональном уровнях реализуется на следующих принципах:

- понятности и стабильности (предсказуемости) налоговой базы и ставок,
- полноты налоговых выплат (соблюдения налогового законодательства),
- своевременности (плановости) налоговых поступлений в бюджет соответствующего уровня.

Соблюдение этих принципов закладывает основу налоговой безопасности региона, их нарушение, напротив, формирует налоговые угрозы [7].

Повышению налоговой безопасности способствует налоговый механизм, трактуемый отдельными авторами как «совокупность способов, обеспечивающих организацию взаимодействия участников налоговых правоотношений и элементов налоговой системы в рамках действующего законодательства» [5].

Только полноценный учет факторов, определяющих специфику и успешность региональной налоговой политики, ведет к повышению налоговой безопасности. К упомянутым факторам можно отнести:

- географию региона;
- масштаб экономики;
- отраслевую специфику;
- человеческий потенциал;
- нормативно-правовое регулирование, включая особые экономические условия (ОЭЗ).

Помимо показателей, уже рассмотренных применительно к бюджетной безопасности, для оценки налоговой безопасности можно применять:

- коэффициенты налоговой обеспеченности в целом и по отдельным целевым налогам;
- доли недоимок в целом и по отдельным видам налогов;
- достоверность и полноту информации о налоговой базе и др.

Таким образом, можно утверждать, что финансовая безопасность региона с методической точки зрения может рассматриваться как совокупность пяти вышеупомянутых подсистем, а сама она, в свою очередь, выступает значимой подсистемой экономической безопасности региона.

Среди рассмотренных подсистем особое место занимает налоговая безопасность, формирующаяся под влиянием реализации целесообразной и продуманной налоговой политики.

---

#### Список источников

1. Барышников Н.Г., Самыгин Д.Ю., Толмачева Н.П. Оптимизация финансовой устойчивости предприятий аграрного бизнеса региона // *Russian Journal of Management*. 2018. Т. 6, № 4. С. 6–10. DOI: 10.29039/article\_5c7fec6c6b0236.72251864.
2. Водолазская Н.В., Сухомлинова Е.В. Направления и перспективы развития некоторых видов социально-экономических систем // *Современная экономика: актуальные проблемы, задачи и траектории развития: материалы II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции* (Курск, 10 июня 2021 г.). Курск: Изд-во Курской государственной сельскохозяйственной академии, 2021. С. 201–208.
3. Загвозкин М.В., Куксин С.В. Сущность и цели регионального планирования и развития // *Повышение эффективности АПК в системе социально-ориентированного развития сельских территорий: сборник научных трудов по результатам межрегиональной научно-практической конференции*. Воронеж: ФГБНУ НИИЭОАПК ЦЧР России, 2015. С. 135–137.
4. Зарецкая В.Г. Эволюция финансовой отчетности в Российской Федерации и ее влияние на процедуру анализа финансового состояния // *Международный бухгалтерский учет*. 2011. Т. 14, № 34(184). С. 33–38.
5. Коркина Г.М., Смирнова О.П. Налоговая безопасность региона и проблемы ее оценки // *Стратегии развития социальных общностей, институтов и территорий: материалы VIII международной научно-практической конференции* (Екатеринбург, 18–19 апреля 2022 г.): в 2 т.; под общей ред. А.П. Багировой. Екатеринбург: Издательство Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2022. Т. 1. С. 42–47.
6. Кувалдина Т.Б. Бюджетный риск: Понятие и система управления // *Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий*. 2017. № 2(22). С. 26–33.
7. Налоговый кодекс Российской Федерации. Часть вторая: принят Государственной Думой 19 июля 2000 г. № 117-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_28165/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28165/) (дата обращения 02.05.2023).
8. Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации: Указ Президента РФ от 21 января 2020 г. № 20 [Электронный источник]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73338425/> (дата обращения: 18.05.2022)
9. Орлова Е.Н. Региональная налоговая политика: границы самостоятельности и формы проявления // *Известия Иркутской государственной экономической академии (ИГЭА)*. 2014. № 2(94). С. 22–31.
10. Шишкина Л.А., Воищева О.С. Анализ методического подхода и оценка эффективности социально-экономического развития региона // *Экономическое прогнозирование: модели и методы: материалы XIV международной научно-практической конференции* (Воронеж, 06–07 декабря 2018 г.); под общей редю В.В. Давниса. Воронеж: Воронежский центр научно-технической информации – филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго России, 2018. С. 107–110.

#### References

1. Baryshnikov N.G., Samygin D.Yu., Tolmacheva N.P. Optimizatsiya finansovoy ustojchivosti predpriyatij agrarnogo biznesa regiona [Optimization of financial stability of the enterprises of agrarian business of the region]. *Russian Journal of Management = Russian Journal of Management*. 2018;6(4):6-10. DOI: 10.29039/article\_5c7fec6c6b0236.72251864. (In Russ.).
2. Vodolazskaya N.V., Sukhomlinova E.V. Napravleniya i perspektivy razvitiya nekotorykh vidov sotsial'no-ekonomicheskikh system [Directions and prospects of development of some types of socio-economic systems]. *Sovremennaya ekonomika: aktual'nye problemy, zadachi i traektorii razvitiya: materialy II Vserossijskoj (natsional'noj) nauchno-prakticheskoy konferentsii* (Kursk, 10 iyunya 2021 g.) [Modern Economy: actual problems, goals and development trajectories: Proceedings of the II All-Russian (National) Research-to-Practice Conference (Kursk, June 10, 2021)]. Kursk: Kursk State Agricultural Academy Press; 2021:201-208. (In Russ.).



3. Zagvozhkin M.V., Kuksin S.V. Sushchnost' i tseli regional'nogo planirovaniya i razvitiya [The essence and goals of regional planning and development]. Povysheniye effektivnosti APK v sisteme sotsial'no-orientirovannogo razvitiya sel'skikh territorij: sbornik nauchnykh trudov po rezul'tatam mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii [Improving the efficiency of agriculture in the system of socially-oriented rural development: Collection of Scientific Papers Based on the Results of the Interregional Research-to-Practice Conference]. Voronezh: Research Institute of Economics and Organization of Agro-Industrial Complex of the Central Chernozem Region of Russia; 2015: 135-137. (In Russ.).

4. Zaretskaya V.G. Evolyutsiya finansovoj otchetnosti v Rossijskoj Federatsii i ee vliyanie na protseduru analiza finansovogo sostoyaniya [Evolution of the financial reporting in the Russian Federation and its influence on procedure of the analysis of a financial condition]. *Mezhdunarodnyj bukhgalterskij uchet = International Accounting*. 2011;34(184):33-38. (In Russ.).

5. Korkina G.M., Smirnova O.P. Nalogovaya bezopasnost' regiona i problemy ee otsenki [Tax security of the region and problems of its assessment]. Strategii razvitiya sotsial'nykh obshchestv, institutov i territorij: materialy VIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii (Ekaterinburg, 18-19 aprelya 2022 g.): v 2 t.; pod obshchej red. A.P. Bagirovoj [Strategies of the development of social communities, institutions and territories: Proceedings of the VIII International Research-to-Practice Conference (Ekaterinburg, April 18-19, 2022): in 2 vols.; under general editorship of A.P. Bagirova]. Ekaterinburg: Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin; 2022;1:42-47. (In Russ.).

6. Kuvaldina T.B. Byudzhetnyj risk: Ponyatiye i sistema upravleniya [Budgetary risk: concept and control system]. *Vestnik Sibirskogo instituta biznesa i informacionnykh tekhnologij = Herald of Siberian Institute of Business and Information Technologies*. 2017;2(22):26-33. (In Russ.).

7. Nalogovyj kodeks Rossijskoj Federatsii (chast' vtoraya): prinyat Gosudarstvennoj Dumoj 19 iyulya 2000 g. № 117-FZ [Tax Code of the Russian Federation (Part Two: adopted by the State Duma on July 19, 2000 No. 117-FZ)]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_28165/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28165/). (In Russ.).

8. Ob utverzhdenii Doktriny prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossijskoj Federatsii: Ukaz Prezidenta RF ot 21 yanvarya 2020 g. № 20 [On Approval of the Food Security Doctrine of the Russian Federation: Decree of the President of the Russian Federation No. 20 of January 21, 2020]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73338425/>. (In Russ.).

9. Orlova E.N. Regional'naya nalogovaya politika: granitsy samostoyatel'nosti i formy proyavleniya [Regional tax policy: limits of independence and forms of manifestation]. *Izvestiya Irkutskoj gosudarstvennoj ekonomicheskoy akademii = Izvestiya of Irkutsk State Economic Academy*. 2014;2(94):22-31. (In Russ.).

10. Shishkina L.A. Analiz metodicheskogo podkhoda i otsenka effektivnosti sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya regiona [Analysis of the methodological approach and evaluation of the effectiveness of socio-economic development of the region]. Ekonomicheskoe prognozirovaniye: modeli i metody: materialy XIV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii (Voronezh, 06-07 dekabrya 2018 g.); pod obshchej red. V.V. Davnisa [Economic forecasting: Models and methods: Proceedings of the XIV International Research-to-Practice Conference (Voronezh, 06-07 December, 2018); under general editorship of V.V. Davnis]. Voronezh: Voronezh Scientific and Technical Information Center – Branch of the Federal State Budgetary Institution "Russian Energy Agency" of the Ministry of Energy of Russia; 2018:107-110. (In Russ.).

#### **Информация об авторах**

Л.В. Брянцева – доктор экономических наук, профессор кафедры финансов и кредита ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра 1», [blv2466@mail.ru](mailto:blv2466@mail.ru).

Е.Е. Бичева – кандидат экономических наук, доцент кафедры финансов и кредита ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [elenabicheva@yandex.ru](mailto:elenabicheva@yandex.ru).

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

L.V. Bryantseva, Doctor of Economic Sciences, Professor, the Dept. of the Finance and Credit, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, [blv2466@mail.ru](mailto:blv2466@mail.ru).

E.E. Bicheva, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Finance and Credit, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [elenabicheva@yandex.ru](mailto:elenabicheva@yandex.ru).

**Статья поступила в редакцию 15.05.2023; одобрена после рецензирования 20.06.2023; принята к публикации 25.06.2023.**

**The article was submitted 15.05.2023; approved after reviewing 20.06.2023; accepted for publication 25.06.2023.**

© Брянцева Л.В., Бичева Е.Е., 2023

5.2.4. ФИНАНСЫ  
(ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 330.113

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2023\_2\_294

EDN: XYZBKW

**Оценка влияния уплаты НДС плательщиками ЕСХН на динамику цен и изменение спроса на сельскохозяйственную продукцию**

**Кристина Алексеевна Захарова<sup>1✉</sup>, Наталья Алексеевна Бабурина<sup>2</sup>,  
Надежда Вячеславовна Иванова<sup>3</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup>Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия

<sup>1</sup>kr.a.zakharova@utmn.ru✉

**Аннотация.** Исследование направлено на оценку влияния уплаты НДС плательщиками ЕСХН на динамику цен и изменение спроса на сельскохозяйственную продукцию, которая чаще всего относится к товарам первой необходимости. Проанализированы показатели стоимости сельскохозяйственных товаров, спрос на них и налоговые поступления по НДС с 2012 по 2022 г. в разрезе субъектов Российской Федерации. В выборку анализируемых субъектов попали те, которые, в соответствии с данными, представленными ФГБУ «Агроэкспорт», отличаются наибольшим уровнем развития экспортного потенциала АПК. В частности, оценка базировалась на данных по таким субъектам РФ, как Белгородская, Волгоградская, Воронежская, Курская, Липецкая, Московская, Ростовская, Саратовская области, г. Москва, Республики Башкортостан и Татарстан, Алтайский, Краснодарский и Ставропольский края. При проведении исследования применялись как общетеоретические, так и специальные методы исследования: индукции, дедукции, сравнения, обобщения, анализа динамики, а также корреляционный анализ. Изучено влияние введения НДС для плательщиков ЕСХН на стоимость продукции АПК, показано повышение цен на нее после вступления изменений в налоговое законодательство по уплате НДС плательщиками ЕСХН. На основе оценки динамики стоимости и потребления сельскохозяйственных товаров, а также корреляционного анализа связи между ними в исследуемых областях показано наличие парадоксов спроса на отдельные виды продукции АПК, которые в большинстве анализируемых регионов наблюдались по таким категориям товаров, как мясо, подсолнечное масло, овощи и яйца. Исследование может представлять интерес для органов государственной власти в сельскохозяйственных регионах и на уровне государства в целом для выработки политики по управлению АПК и разработки методологии оценки изменения потребительского спроса на рынке сельскохозяйственной продукции.

**Ключевые слова:** Единый сельскохозяйственный налог, налог на добавленную стоимость, налогоплательщики АПК, сельскохозяйственная продукция, стоимость, динамика цен, парадокс спроса

**Благодарность:** исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-28-01690, <https://rscf.ru/project/23-28-01690/>.

**Для цитирования:** Захарова К.А., Бабурина Н.А., Иванова Н.В. Оценка влияния уплаты НДС плательщиками ЕСХН на динамику цен и изменение спроса на сельскохозяйственную продукцию // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 2(77). С. 294–307. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_294-307](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_294-307).

5.2.4. FINANCE  
(ECONOMIC SCIENCES)

Original article

**Assessment of the impact of VAT payments by Single Agricultural Tax payers on price behavior and changes in agricultural products demand**

**Kristina A. Zakharova<sup>1✉</sup>, Natalia A. Baburina<sup>2</sup>, Nadezhda V. Ivanova<sup>3</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup>University of Tyumen, Tyumen, Russia

<sup>1</sup>kr.a.zakharova@utmn.ru✉

**Abstract.** The study is aimed at assessing the impact of VAT payments by Single Agricultural Tax payers on price behavior and changes in agricultural products demand, which most often refers to goods of prime necessity. The authors analyzed indicators of the cost of agricultural goods, the demand for them and VAT tax receipts from 2012 to 2022 in the context of the subjects of the Russian Federation. The sample of analyzed subjects included those that, according to the data provided by the Federal State Budgetary Institution “Agroexport”, have the high-

est level of development of the export potential within the Agro-Industrial Complex. In particular, the assessment was based on data on such subjects of the Russian Federation as Belgorod, Volgograd, Voronezh, Kursk, Lipetsk, Moscow, Rostov, Saratov Oblasts, the city of Moscow, the Republics of Bashkortostan and Tatarstan, Altai, Krasnodar and Stavropol Territories. During the research, both general theoretical and special research methods of induction, deduction, comparison, generalization, dynamics analysis, as well as correlation analysis were used. The authors also considered the impact of the introduction of VAT for Single Agricultural Tax payers on the cost of agricultural products, an increase in prices for it after the introduction of changes in the tax legislation on the payment of VAT by Single Agricultural Tax payers; based on the assessment of the dynamics of the cost and consumption of agricultural goods, as well as the correlation analysis of the relationship between them in the studied areas, defined the presence of paradox of demand for certain types of agricultural products, which in most of the analyzed regions was observed for such categories of goods as meat, sunflower oil, vegetables and eggs. The study may be of interest to public authorities in agricultural regions and at the state level as a whole for the development of a policy for the management of agriculture and the development of a methodology for assessing changes in consumer demand in the agricultural market.

**Keywords:** Single Agricultural Tax, Value Added Tax (VAT), taxpayers of the Agro-Industrial Complex, agricultural products, value, price behavior, demand paradox

**Acknowledgments:** the research was funded by the Russian Science Foundation, project No. 23-28-01690, <https://rscf.ru/project/23-28-01690/>.

**For citation:** Zakharova K.A., Baburina N.A., Ivanova N.V. Assessment of the impact of VAT payments by Single Agricultural Tax payers on price behavior and changes in agricultural products demand. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(2):294-307. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_294-307](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_294-307).

**Р**азвитие агропромышленного комплекса, повышение эффективности его деятельности и обеспечение продовольственной безопасности России являются приоритетными направлениями государственной экономической политики. Общий объем ВВП России в 2022 г. составил 153,5 трлн руб., объем выпуска продукции сельского хозяйства – 8,85 трлн руб., или 5,76% экономики страны. В настоящее время ключевой задачей внутренней политики является сохранение макроэкономической стабильности, от чего зависит ритмичная деятельность сельхозтоваропроизводителей по обеспечению населения основными продуктами питания, а смежные отрасли сырьем.

Государство активно поддерживает сельхозпроизводителей, предлагая различные варианты помощи, на которые могут рассчитывать как опытные, так и начинающие сельхозпроизводители. Главная цель – обеспечить финансовую стабильность АПК и увеличить производство сельскохозяйственной продукции.

Так, в целях поддержки организаций сельскохозяйственной отрасли, сокращения их налоговой нагрузки, снижения расходов, улучшения финансового положения в 2002 г. был введен Единый сельскохозяйственный налог (ЕСХН), представляющий собой специальный налоговый режим, разработанный для производителей сельскохозяйственной продукции. В частности, к налогоплательщикам данного налога были отнесены производители продукции растениеводства, сельского и лесного хозяйства, животноводства, в том числе полученной в результате выращивания и доращивания рыб и других водных биологических ресурсов. Главное условие для перехода экономического субъекта на ЕСХН – удельный вес доходов от сельскохозяйственной деятельности должен быть более 70%. Введение данного налога было направлено на повышение эффективности деятельности агропромышленного комплекса путем стимуляции производителей сельскохозяйственной продукции оптимально использовать имеющиеся ресурсы. Несмотря на значимость введения данного налога и его последствий, многие экономисты в своих работах неоднократно акцентировали внимание на неоднозначности эффектов ЕСХН [1, 2, 3, 4, 6, 15].

Одним из положительных аспектов ЕСХН выступали послабления для организаций АПК, такие как возможность освобождения от уплаты ряда налогов: налога на имущество, налога на прибыль организаций и налога на добавленную стоимость (НДС).

Данные послабления значительно упрощали ведение деятельности для аграриев. Но в каждой системе есть свои нюансы. Так, при освобождении от уплаты налога на добавленную стоимость, предприятия не могли отнести его к вычету. Нередко случались такие ситуации, когда входной НДС оказывался больше, чем доходы от проданной продукции. Следует отметить и тот факт, что появились такие покупатели, которые предпочитали не приобретать продукцию у сельскохозяйственных организаций и индивидуальных предпринимателей, которые не уплачивали налог на добавленную стоимость. Это также было связано с невозможностью предоставить налог к вычету [5, 7]. Освобождение плательщиков ЕСХН от уплаты НДС создало институциональное ограничение в выборе контрагентов, разъединяя плательщиков и неплательщиков НДС, нарушало принцип налоговой нейтральности, ослабляло кооперационные связи между субъектами АПК [9, 11]. Таким образом, освобождение от уплаты НДС данной категории налогоплательщиков создавало предпосылки ограничения спроса на продукцию агропромышленного комплекса.

В связи с этим, начиная с 1 января 2019 г., в соответствии с Федеральным законом от 27 ноября 2017 г. № 335-ФЗ «О внесении изменений в части первую и вторую Налогового кодекса Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации» [12] все сельскохозяйственные производители, находящиеся на специальном режиме налогообложения ЕСХН, обязаны уплачивать налог на добавленную стоимость в бюджет, за исключением случая, предусмотренного в статье 145 НК РФ [8], когда за предшествующий налоговый период по ЕСХН сумма дохода, полученного от реализации товаров (работ, услуг), без учета налога не превысила в совокупности: 100 млн руб. за 2018 г., 90 млн руб. за 2019 г., 80 млн руб. за 2020 г., 70 млн руб. за 2021 г., 60 млн руб. за 2022 г. и последующие годы. Начиная с этой даты сельхозпроизводители обязаны выполнять все необходимые требования как плательщики налога на добавленную стоимость:

- выставлять и получать счета-фактуры;
- начислять налог на добавленную стоимость на продажу товаров (работ, услуг);
- вести книги продаж и покупок;
- заполнять декларацию и сдавать ее в налоговую и др.

С целью оценки влияния уплаты НДС плательщиками ЕСХН на динамику цен и изменение спроса на сельскохозяйственную продукцию авторами выполнены исследования, основанные на применении как общих, так и специальных методов. Теоретический анализ базировался на применении следующих методов: индукции, дедукции, обобщения, сравнения и др. Для понимания тенденций развития налогообложения сельскохозяйственной отрасли в России применен подход динамического и структурного анализа на основании официальных данных Росстата и Федеральной налоговой службы за период с начала 2012 г. до конца 2021 г., результаты представлены в графическом виде. Статистический и корреляционный анализ были выбраны в качестве основных специальных методов исследования. Для понимания тенденций изменения стоимости под влиянием введения НДС для плательщиков ЕСХН, а также потребления определенных видов сельскохозяйственной продукции применен подход статистического анализа динамики, представленный в графической форме в целях визуализации показателей.

Анализ был выполнен за период с 2012 по 2022 г. по показателям, представленным в официальных материалах ФГБУ «Агроэкспорт», подведомственного учреждения Минсельхоза России [13].

Для оценки были выбраны регионы, в которых отмечен наибольший уровень развития экспортного потенциала АПК:

- Белгородская область;
- Волгоградская область;
- Воронежская область,
- Курская область,
- Липецкая область,
- Московская область;
- город Москва;
- Ростовская область,
- Саратовская область,
- Республика Башкортостан;
- Республика Татарстан,
- Алтайский край;
- Краснодарский край;
- Ставропольский край.

Особенность введения ЕСХН заключалась в освобождении налогоплательщика от уплаты ряда налогов, в том числе НДС. Отсутствие суммы НДС в счете-фактуре являлось препятствием для выстраивания экономических коммуникаций с контрагентами – налогоплательщиками на общей системе налогообложения. Зачастую проблема заключалась в том, что это не давало таким налогоплательщикам суммы покупки принимать к вычету по НДС.

Однако введение единого сельскохозяйственного налога не привело к существенному росту количества налогоплательщиков, что было обусловлено в том числе и недостатками перехода на специальный налоговый режим, исключая уплату НДС. Динамика количества налогоплательщиков ЕСХН, представленная на рисунке 1, неоднозначна. Данные изменения нельзя связывать только с достоинствами и недостатками ЕСХН, так как количество налогоплательщиков увеличивалось и сокращалось за анализируемый период как следствие естественного прироста экономических субъектов, появления новых, банкротства или продажи бизнеса действующих и др.

Информация, представленная на рисунке 1, свидетельствует о том, что, несмотря на колебания количества налогоплательщиков, в целом наблюдается положительный прирост объема начисленного ЕСХН в большинстве рассматриваемых регионов.

Первоначально при введении ЕСХН законодателями преследовался принцип максимальной оптимизации по ряду налогов, однако в 2019 г. было принято решение о введении НДС для налогоплательщиков ЕСХН с мягким переходом в зависимости от получаемого дохода, что привело к приросту объемов начисленного НДС в большинстве анализируемых регионов, сельскохозяйственное производство в которых выступает одним из основных видов деятельности, формирующих ВРП (рис. 2).

Следует отметить, что одним из опасений при введении НДС для налогоплательщиков АПК являлось то, что это будет способствовать повышению цен на продукцию данной отрасли и, как следствие, сократит ее потребление. Так как НДС закладывается в стоимость продукции, то его введение или изменение ставки в сторону увеличения, как правило, влечет за собой рост цен. Результаты оценки влияния ввода НДС для плательщиков ЕСХН на стоимость сельскохозяйственных продуктов (товаров первой необходимости: мясо и мясопродукты, масло подсолнечное, молоко, сахар-песок, хлеб, картофель, овощи и бахчевые, фрукты и ягоды, яйца) за период с 2012 по 2022 г. представлены на рисунке 3.

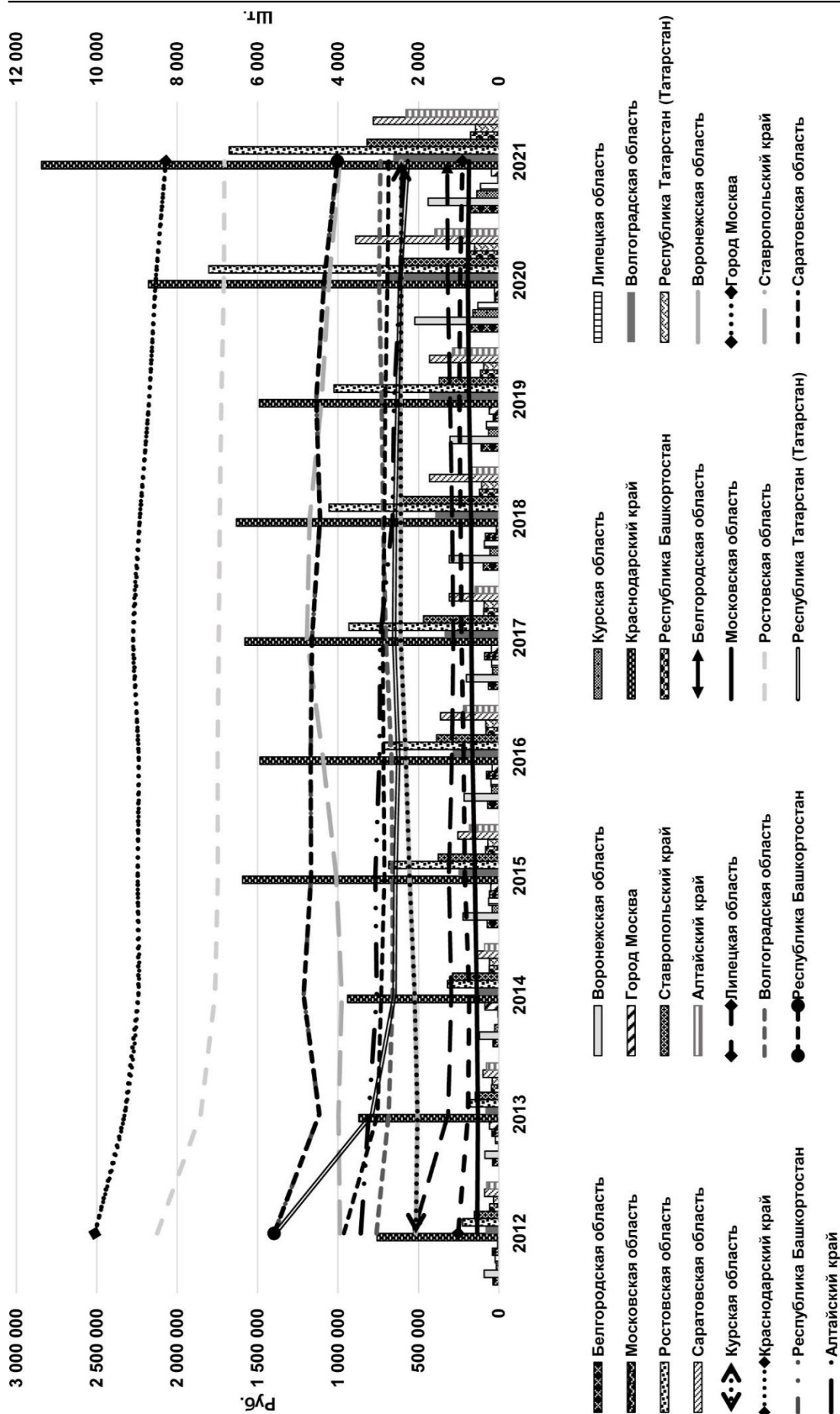


Рис. 1. Динамика численного ЕСХН и количества налогоплательщиков в разрезе субъектов Российской Федерации

Источник: составлено авторами на основе данных [13].

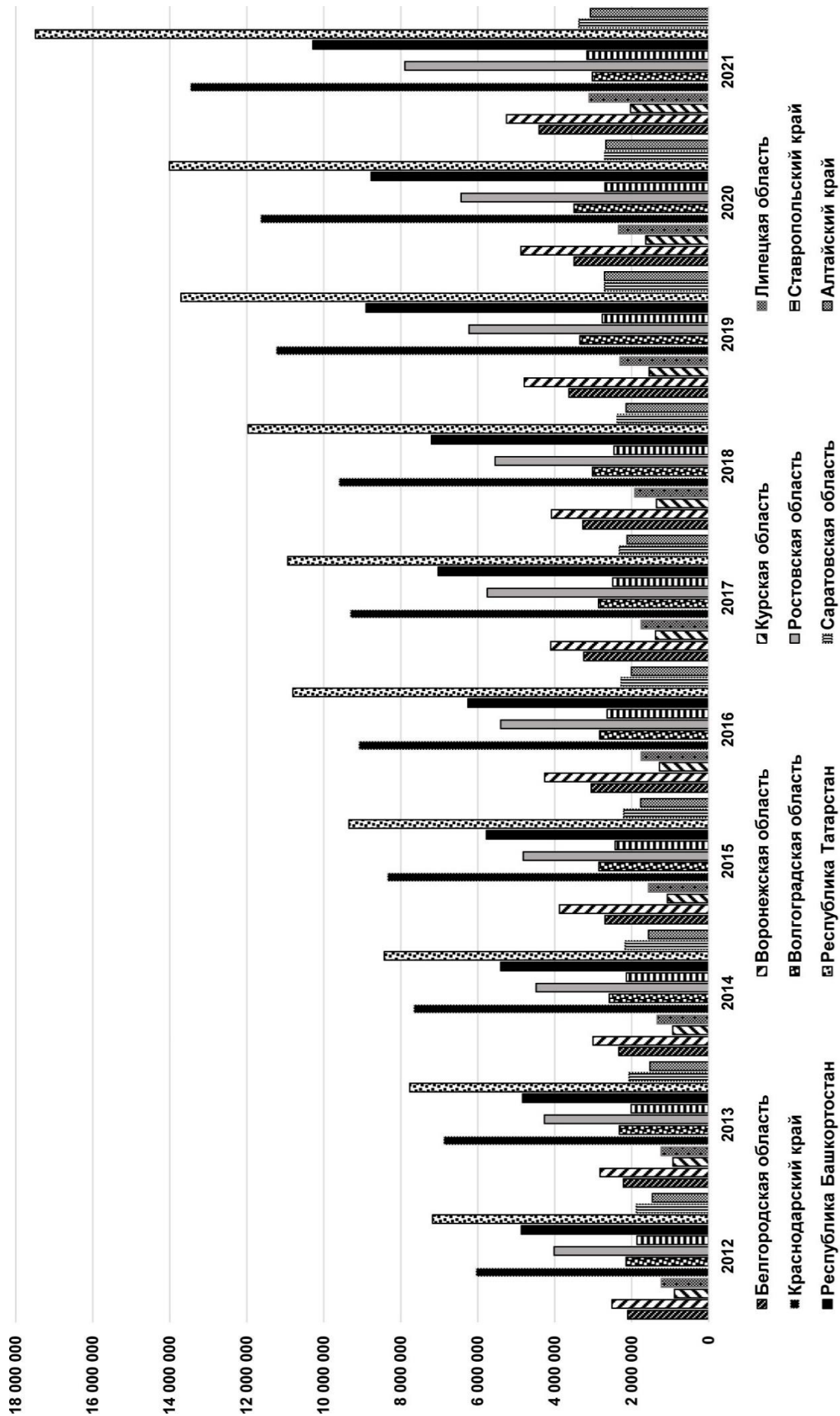


Рис. 2. Динамика начисленного НДС в разрезе субъектов Российской Федерации

Источник: составлено авторами на основе данных [13].



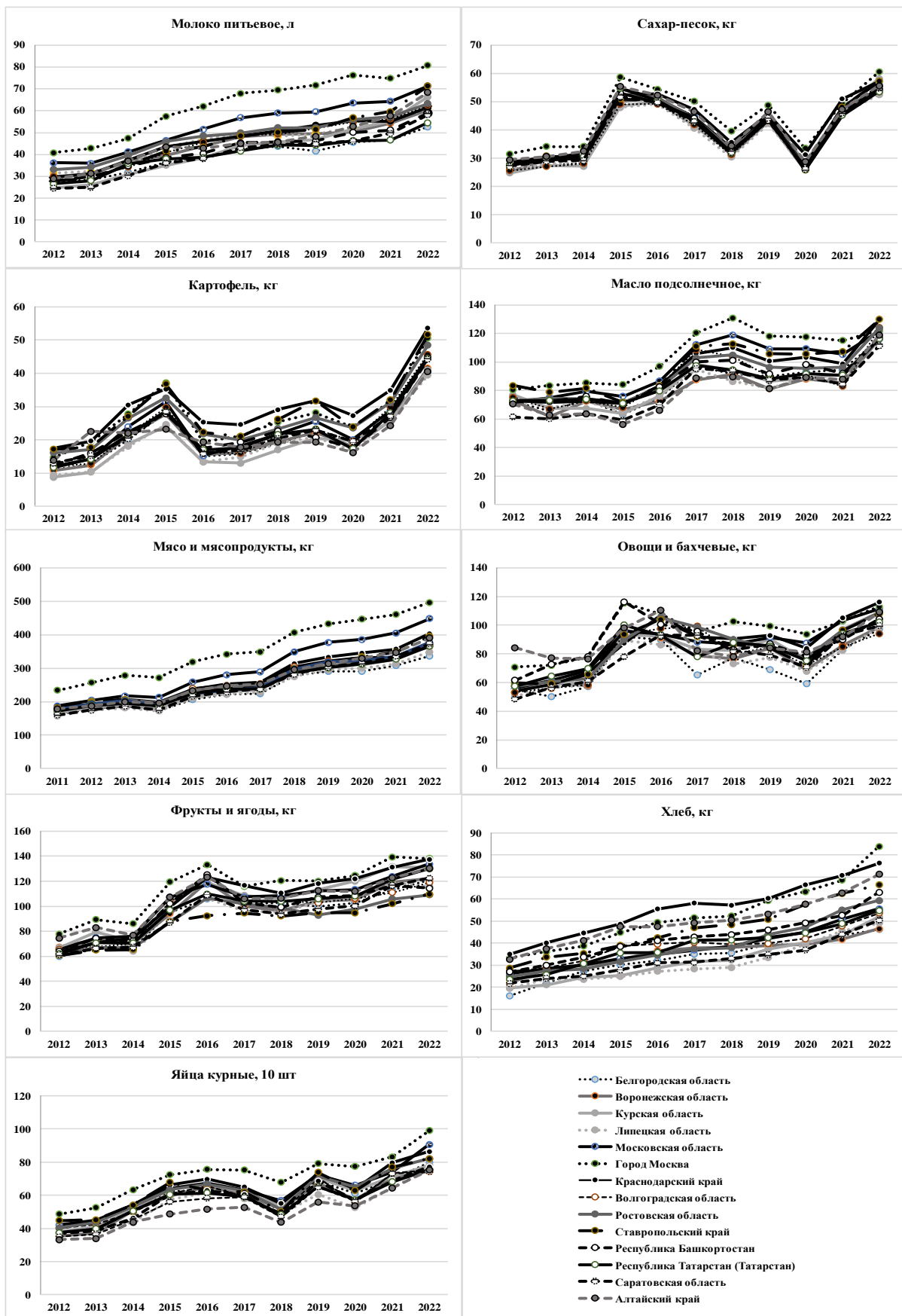


Рис. 3. Динамика средних потребительских цен

Источник: составлено авторами на основе данных [13].



Анализируя представленные статистические данные, можно отметить тенденцию повышения стоимости на все продукты в рамках исследуемой группы регионов. Увеличение потребительских цен, то есть инфляция, является объективным процессом, который реализуется посредством различных внутренних и внешних факторов. Среди таковых можно отметить общий уровень производства в экономике страны, изменчивость обменного курса валют, а также увеличение цен на отдельные товары и услуги мирового рынка. В связи с этим существует определенная специфика изменчивости цен относительно конкретного вида товаров или услуг ввиду его отраслевой принадлежности, используемых производственных мощностей, текущей экономической ситуации в стране и других особенностей, что и подтверждается построенными кривыми, отражающими изменчивость цен.

Представляется целесообразным объединить некоторые анализируемые продукты в несколько групп на основе схожести линии кривых и соответствующих темпов прироста цен. Так, например, у таких продуктов, как молоко, мясо, а также хлеб наблюдается более плавное изменение цен, что объясняется общим экономическим ростом. Также следует отметить, что значение ценовой категории возрастает с введением НДС для плательщиков ЕСХН после 2019 г. Например, прирост цен на мясо и мясопродукты в среднем в 2019 г. составил 6,12% по сравнению с предыдущим периодом. Наибольший прирост цен в этот период отмечен в Московской, Саратовской и Липецкой областях – соответственно 8,01%, 7,4 и 7,01%. Примерно схожее изменение наблюдалось по ценам на молоко и хлеб. Цены на молоко приросли к концу 2019 г. в среднем на 6,69%, наибольшее увеличение отмечено в Курской области и Ставропольском крае.

Данную закономерность в части стабильного прироста цен можно объяснить отнесением исследуемых продуктов к группе подконтрольных, которые подлежат сертификации и регулированию с точки зрения построения ценовой политики производителя. Отсутствие резкого движения кривой можно списать на незначительный процент действующих производителей данных видов продуктов в рамках налогового режима ЕСХН, как раз ввиду отсутствия необходимости уплаты НДС. Это зачастую является основным условием ограничения выстраивания экономических связей контрагентов, действующих в рамках общей системы налогообложения.

Во вторую группу продуктов, отличившихся высокими темпами волатильности цен, можно отнести сахар, картофель, масло подсолнечное, овощи и бахчевые, а также яйца. Цены на данные продукты после введения НДС резко снизились, но к 2020 г. также резко возросли и далее только увеличивали темпы прироста. Более выраженная динамика наблюдается по ценам на картофель и сахар. В среднем прирост цен на данные категории продуктов в 2019 г. составил соответственно 11,1 и 35%. Наибольший прирост цен на сахар отмечается в Курской области (39,88%) и Республике Татарстан (40,12%). Цены на картофель больше всего увеличились в Ставропольском крае (21,4%) и Курской области (20,7%).

Влияние введения НДС для плательщиков Единого сельскохозяйственного налога (ЕСХН) на спрос на сельскохозяйственные продукты, или такие товары первой необходимости, как молоко, сахар, картофель, масло подсолнечное, мясо и мясопродукты, овощи и бахчевые, фрукты, хлеб и яйца, в период с 01.01.2012 по 01.01.2022 представлено на рисунке 4.

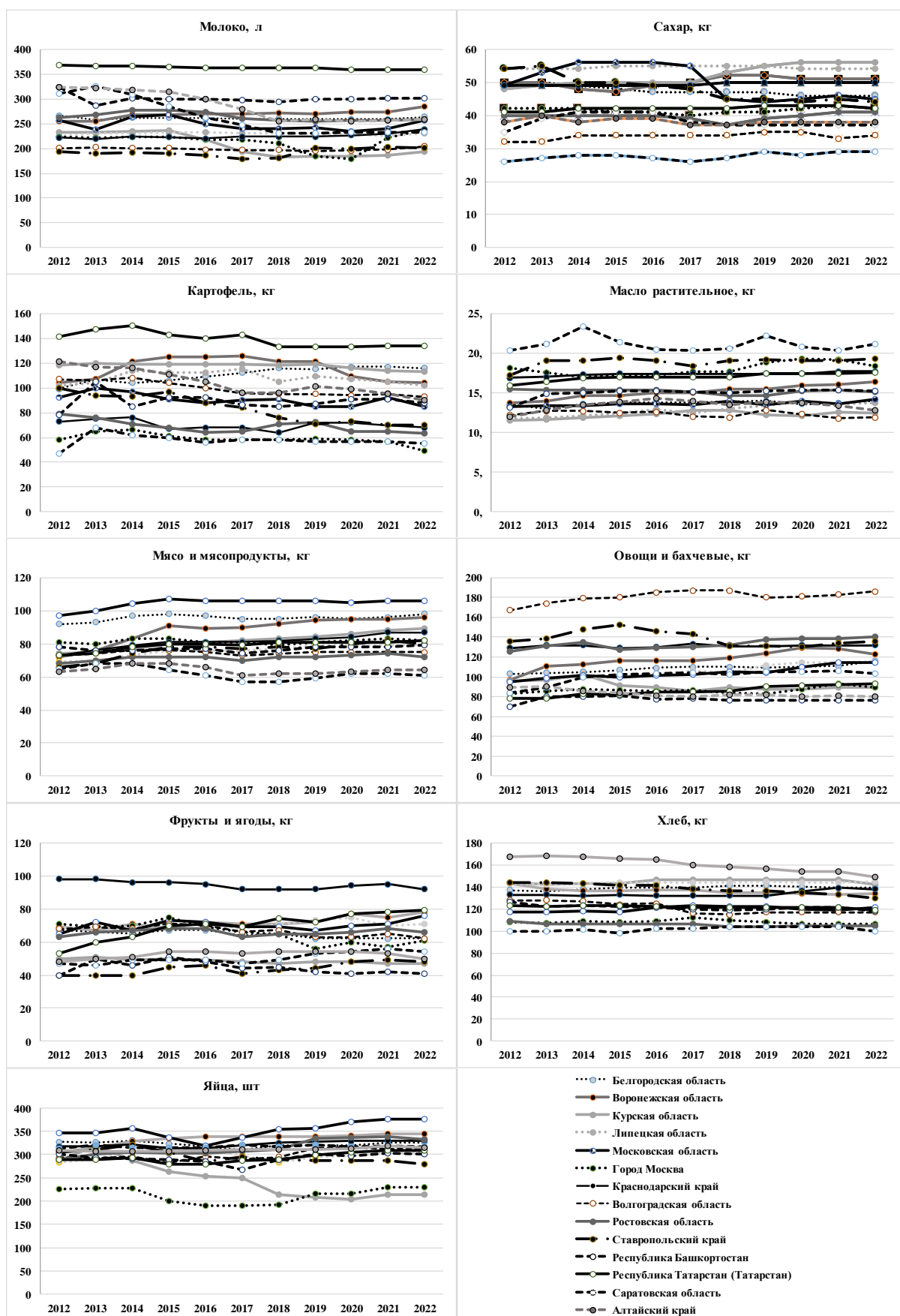


Рис. 4. Динамика потребления основных продуктов питания (в расчете на душу населения)

Источник: составлено авторами на основе данных [13].

Динамика спроса на продукты потребительской корзины значительно отличается в рамках конкретного региона и продукта ввиду его значимости для конкретной территории. Также можно отметить некоторые тенденции: хотя цены на определенные виды продуктов росли, спрос на эти продукты не уменьшался, а наоборот, увеличивался. Таким образом, можно сделать следующий вывод: несмотря на то что в рамках экономической теории доказывается обратная зависимость цены и спроса на определенный товар за конкретный период, снижение кривой спроса практически на все товары осуществляется слева направо, при этом существуют некоторые исключения.

Эти исключения могут быть охарактеризованы как «парадоксы» закона спроса, одним из которых является «парадокс Гиффена». Английский экономист Р. Гиффен заметил, что во время голода в Ирландии в середине XIX в. спрос на картофель, цена на который выросла, существенно увеличился. Р. Гиффен связал это с тем, что картофель представлял основной продукт питания ирландских бедняков, а повышение цен на данный товар приводило к тому, что реальные доходы этих слоев падали, и они были вынуждены сокращать покупки прочих продуктов, увеличивая потребление картофеля, чтобы не умереть от голода. С тех пор это исключение из закона спроса называется парадоксом Гиффена, а продукты, подпадающие под эту категорию, – товарами Гиффена. Кривая спроса на товары Гиффена имеет «восходящий» вид, и при возрастании стоимости определенных видов товаров (в частности, товаров первой необходимости) спрос на них возрастает за счет снижения потребления других товаров. Также к числу исключений в рамках действия закона спроса можно отнести парадокс Веблена, или «эффект сноба», как его еще называют, описанный американским экономистом и социологом Т. Вебленом. Данный эффект отражается при изменении цен в сторону снижения, когда покупатели расценивают это с точки зрения ухудшения качества продукта и в связи с этим отказываются от его потребления. Еще одним отступлением от общих правил принято считать парадокс, возникающий в связи с ожидаемым ростом цен. Данный эффект возникает, когда покупатели, при уже имеющемся росте стоимости товаров, полагают, что рост будет продолжаться, и увеличивают потребление вместо его ожидаемого сокращения [10].

Для получения наиболее прозрачных результатов, позволяющих определить достаточные условия проявления «парадоксов» закона спроса, представляется целесообразным осуществить корреляционный анализ стоимости исследуемой группы товаров и их потребления. Результаты корреляционного анализа представлены в таблице.

Результаты корреляционного анализа

Субъекты	Молоко	Сахар	Картофель	Масло подсолнечное	Мясо	Овощи	Фрукты и ягоды	Хлеб	Яйца
Белгородская область	-0,12	-0,56	0,47	0,58	0,36	0,69	-0,59	<b>0,71</b>	-0,23
Воронежская область	<b>0,93</b>	-0,15	-0,15	<b>0,80</b>	<b>0,84</b>	0,56	<b>0,72</b>	-0,86	<b>0,90</b>
Курская область	-0,82	0,41	-0,77	0,65	<b>0,95</b>	-0,74	-0,74	0,22	-0,75
Липецкая область	0,06	0,38	-0,20	0,67	<b>0,88</b>	0,58	0,46	0,65	0,59
Московская область	-0,35	0,09	-0,39	<b>0,74</b>	0,60	<b>0,77</b>	0,61	0,49	0,42
Город Москва	-0,32	-0,31	-0,53	0,53	0,10	0,29	-0,56	-0,43	-0,07
Краснодарский край	<b>0,73</b>	0,18	-0,35	<b>0,70</b>	<b>0,91</b>	0,19	-0,77	0,68	0,52
Волгоградская область	-0,33	0,29	-0,47	-0,63	0,17	<b>0,81</b>	-0,34	-0,76	<b>0,56</b>
Ростовская область	-0,56	0,29	-0,57	-0,57	0,66	0,25	0,24	-0,62	<b>0,78</b>
Ставропольский край	0,42	-0,38	-0,49	0,14	0,73	0,12	<b>0,82</b>	-0,98	-0,65
Республика Башкортостан	-0,21	0,29	-0,002	0,41	0,55	0,49	-0,08	-0,81	0,08
Республика Татарстан	-0,95	0,24	-0,37	0,68	<b>0,80</b>	0,63	<b>0,95</b>	-0,87	0,49
Саратовская область	-0,92	0,43	-0,05	-0,24	-0,57	<b>0,79</b>	<b>0,73</b>	0,36	0,34
Алтайский край	-0,81	0,05	-0,43	-0,12	-0,39	-0,42	0,58	-0,93	0,74

Для удобства зрительного восприятия результатов проведенного анализа полученные коэффициенты корреляции были выделены разными цветами. В частности, темно-серым цветом и полужирным шрифтом выделены значения ячеек коэффициентов корреляции, которые свидетельствуют о положительной тесной связи между ценой и потреблением на соответствующий продукт. Светло-серым цветом выделены ячейки со значением коэффициента корреляции, отражающим положительную умеренную связь между исследуемыми показателями. Курсивом выделены значения ячеек, в которых коэффициент корреляции свидетельствует о тесной и умеренной отрицательной зависимости.

Руководствуясь данными, приведенными в таблице, можно выделить сельскохозяйственные товары, по которым в большинстве регионов наблюдается положительная тесная связь между ценой и спросом.

В целом по всем регионам наблюдается рост потребления при росте цен по следующим категориям товаров:

- подсолнечное масло (за исключением Волгоградской, Ростовской, Саратовской областей и Алтайского края);
- мясо (за исключением Саратовской области и Алтайского края);
- овощи (за исключением Курской области и Алтайского края);
- яйца (за исключением Белгородской, Курской областей, г. Москвы, Ставропольского края).

Снижение потребления сахара и хлеба может свидетельствовать о результатах успешной реализации федерального проекта «Формирование системы мотивации граждан к здоровому образу жизни, включая здоровое питание и отказ от вредных привычек (Укрепление общественного здоровья)», входящего в состав Национального проекта «Демография», что значительно повысило мотивацию граждан к ведению здорового образа жизни [14].

Таким образом, можно сделать вывод, что население Российской Федерации готово отказаться от сахара и мучного в пользу других продуктов в связи с увеличением стоимости данного товара. В отношении данной категории продуктов действует закон спроса и предложения: несмотря на низкую стоимость (например хлеба) на фоне формирования здорового потребления, покупатели отказываются от наращивания приобретения данного вида товара как товара-заменителя при росте стоимости на другие виды товаров сельскохозяйственного назначения.

Тем не менее выделяются такие товары, как молоко, картофель и хлеб, по которым в большинстве анализируемых регионов наблюдается отрицательная зависимость между стоимостью и потреблением, что свидетельствует о сокращении спроса при росте цен. В то же время по данным категориям сельскохозяйственных товаров наблюдается и прямая тесная, и умеренная положительная связь, в частности:

- молоко – в Воронежской области, в Краснодарском и Ставропольском краях,
- картофель – в Белгородской области,
- хлеб – в Белгородской, Липецкой, Московской, Саратовской областях и Краснодарском крае.

Таким образом, можно сделать вывод, что по отдельным видам сельскохозяйственной продукции для разных регионов наблюдаются различные парадоксы спроса.

Среди всех проанализированных регионов особенно выделяется Воронежская область, сокращение потребления в которой, обусловленное ростом цен, произошло только по трем категориям товаров: сахар, картофель и хлеб. По всем остальным рассматриваемым категориям сельскохозяйственных продуктов наблюдается рост потребления на душу населения, несмотря на рост стоимости (рис. 5).

В частности, по Воронежской области мы можем наблюдать парадоксы спроса по шести категориям продуктов: молоко, мясо, масло растительное, яйца, овощи, фрукты и ягоды. Парадокс заключается в том, что с ростом цен на данные виды продукции

спрос на них увеличивается. Это может быть вызвано совокупностью различных факторов, в том числе реализацией федеральных проектов по укреплению общественного здоровья и комплектованием потребительской корзины сельскохозяйственными продуктами, входящими в «тарелку здорового питания», повышением потребления белка, овощей, фруктов и отказом от животных жиров.

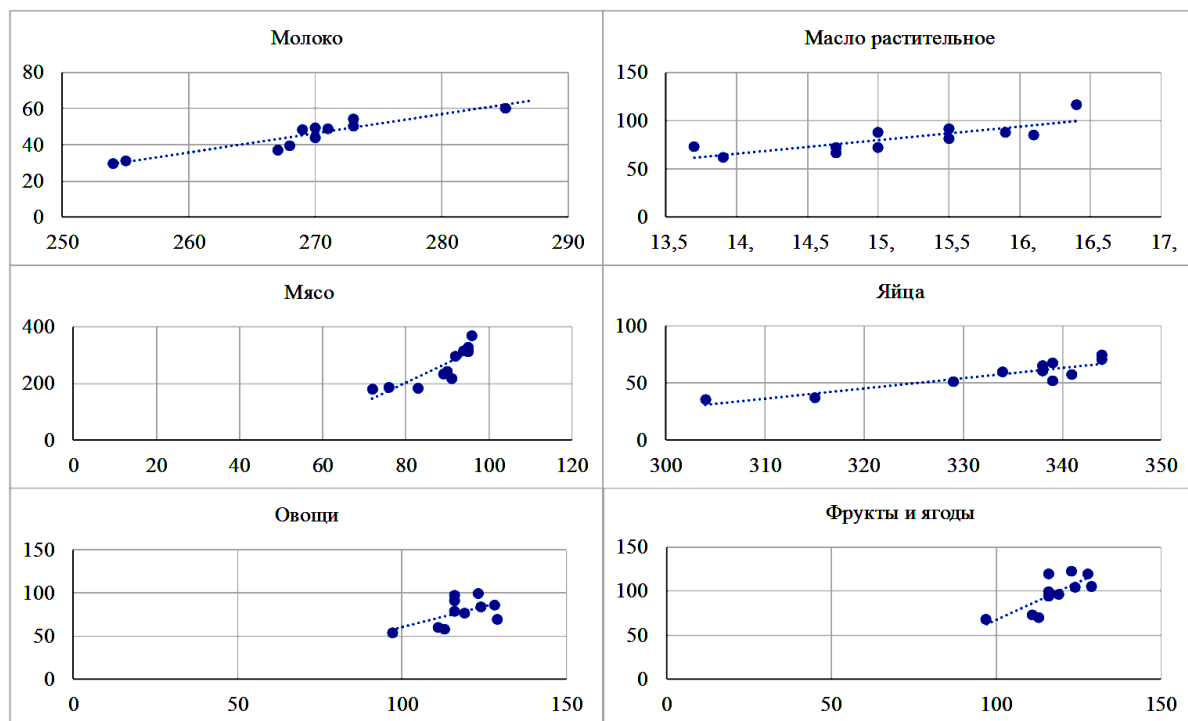


Рис. 5. Результаты корреляционного анализа роста цен и потребления продуктов, произведенных в Воронежской области

### Выводы

Значимость агропромышленного комплекса обуславливает поиск и применение инструментов и механизмов повышения эффективности его деятельности в целях обеспечения продовольственной безопасности страны и доступности продуктов первой необходимости для граждан РФ. Введение ЕСХН, исключавшего изначально уплату НДС, было именно одним из таких инструментов стимулирования деятельности производителей сельскохозяйственной продукции. Тем не менее практика применения ЕСХН вскрыла необходимость введения НДС для налогоплательщиков, чтобы нивелировать недостатки специального налогового режима.

Проведенный анализ показал, что введение НДС для плательщиков ЕСХН повлекло за собой повышение цен на сельскохозяйственную продукцию. Динамика роста цен на отдельные категории товаров была различной. Плавное изменение стоимости было выявлено по таким категориям товаров, как молоко, мясо, хлеб. Более резкое повышение цен коснулось таких продуктов, как сахар, картофель, масло подсолнечное, овощи и бахчевые, яйца. Разница в темпах волатильности обусловлена также специфической ценообразования на сельскохозяйственную продукцию.

Оценка изменения спроса на исследуемые сельскохозяйственные товары и последующий корреляционный анализ зависимости потребления от изменения цен позволили выявить наличие парадоксов спроса на рынке продукции АПК. В частности, несмотря на то, что цены на определенные виды продуктов росли, потребление этих продуктов не уменьшалось, а, наоборот, увеличивалось. В целом по большинству регионов наблюдается рост потребления при росте цен на подсолнечное масло (за исключением Волгоградской, Ростовской, Саратовской областей и Алтайского края), мясо (за исклю-

чением Саратовской области и Алтайского края), овощи (за исключением Курской области и Алтайского края), яйца (за исключением Белгородской, Курской областей, города Москва, Ставропольского края). В полной мере закон спроса в большинстве проанализированных регионов проявляется по таким товарам, как молоко, картофель и хлеб, по которым с ростом цен падает потребление.

Выявленные особенности влияния введения НДС для плательщиков ЕСХН на динамику стоимости сельскохозяйственной продукции и проявившиеся парадоксы спроса на отдельные виды товаров АПК могут быть учтены при разработке моделей динамики цен и поведения потребителей при применении инструментов налогового стимулирования и разработке государственной политики по поддержке производителей соответствующей отрасли.

#### Список источников

1. Ваганова О.В., Соловьева Н.Е., Евдокимов С.В. Обзор изменений в области налогообложения сельскохозяйственных товаропроизводителей в России // Научный результат. Экономические исследования. 2020. Т. 6, № 36. С. 3-12. DOI: 10.18413/2409-1634-2020-6-3-0-1.
2. Вачугов И.В., Седаев П.В. Несовершенство законодательного регулирования специальных налоговых режимов как одна из ключевых проблем поддержки малого бизнеса в России // Налоги и налогообложение. 2016. № 11. С. 857–867. DOI: 10.7256/1812-8688.2016.11.21251.
3. Гончаренко Г.А. Эффективность специального налогового режима для сельскохозяйственных товаропроизводителей // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2010. № 8(70). С. 111–115.
4. Журавлева Т.А. ЕСХН и причины его невостребованности сельскохозяйственными товаропроизводителями в России // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2016. № 3. С. 111–121.
5. Зарук Н.Ф., Носов А.В. Методология определения налоговой составляющей в конечной цене продукции для расчета ее конкурентоспособности на рынке государств-членов ЕАЭС // Нива Поволжья. 2017. № 3(44). С. 126–136.
6. Кулешова Л.В., Лапина Е.Н., Собченко Н.В. Особенности налогообложения агробизнеса в России // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 2(47). С. 58–65.
7. Муравлева Т.В. Фискальная парадигма развития НДС в России // Вестник Российского университета кооперации. 2021. № 1(43). С. 93–97.
8. Налоговый кодекс Российской Федерации (часть вторая) от 05.08.2000 № 117-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_28165/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28165/) (дата обращения: 02.05.2023).
9. Овсянко Л.А., Чепелева К.В., Бородин Т.А., Пыжикова Н.И. Эффективность системы налогообложения в оценках органов местного самоуправления и субъектов АПК // Международный сельскохозяйственный журнал. 2023. Т. 66, № 2(392). С. 147–153. DOI 10.55186/25876740\_2023\_66\_2\_147.
10. Светульников С.Г. Модели спроса и предложения в пространстве цена – объем – доход. Ульяновск: Изд-во Ульяновского государственного университета, 1999. 181 с.
11. Терентьева Т.О., Куртсеитова Л.Т. Анализ влияния повышения НДС на покупательную способность российского потребителя // Global and Regional Research. 2019. Т. 1, № 2. С. 433–438.
12. О внесении изменений в части первую и вторую Налогового кодекса Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 27.11.2017 № 335-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_283495/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_283495/) (дата обращения: 02.05.2023).
13. ФГБУ «Агроэкспорт» (Федеральный центр развития экспорта продукции АПК Минсельхоза России). Сервисы и статистика [Электронный ресурс] // Официальный сайт ФГБУ «Агроэкспорт». URL: <http://aemcx.ru/> (дата обращения: 02.05.2023).
14. Формирование системы мотивации граждан к здоровому образу жизни, включая здоровое питание и отказ от вредных привычек (Укрепление общественного здоровья): паспорт федерального проекта, входящего в состав Национального проекта «Демография», утвержденного 3 сентября 2018 г. [Электронный ресурс]. URL: [http://glavafirovo.ru/main/nac\\_proecti\\_main/01\\_demographija.pdf](http://glavafirovo.ru/main/nac_proecti_main/01_demographija.pdf) (дата обращения: 02.05.2023).
15. Шевцова Т.П., Белокопытов А. В. Единый сельскохозяйственный налог как инструмент регулирования эффективности сельскохозяйственного производства // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2016. № 21(26). С. 94–99.

#### References

1. Vaganova O.V., Solovjeva N.E., Yevdokimov S.V. Obzor izmenenij v oblasti nalogooblozheniya sel'skokhozyajstvennykh tovaroproizvoditelej v Rossii [Overview of changes in the taxation of agricultural producers in Russia]. *Nauchnyj rezul'tat. Ekonomicheskie issledovaniya = Research Result. Economic Research*. 2020;6(36):3-12. DOI: 10.18413/2409-1634-2020-6-3-0-1. (In Russ.).
2. Vachugov I.V., Sedaev P.V. Nesovershenstvo zakonodatel'nogo regulirovaniya spetsial'nykh nalogovykh rezhimov kak odna iz klyuchevykh problem podderzhki malogo biznesa v Rossii [Imperfection of legislative regulation of special tax regimes as one of the key problems of supporting small business in Russia]. *Nalogi i nalogooblozhenie = Taxes and Taxation*. 2016;11:857-867. DOI: 10.7256/1812-8688.2016.11.21251. (In Russ.).

3. Goncharenko G.A. Effektivnost' spetsial'nogo nalogoovogo rezhima dlya sel'skokhozyajstvennykh tovaroproizvoditelej [Effectiveness of the special tax regime for agricultural producers]. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2010;8(70):111-115. (In Russ.).

4. Zhuravleva T.A. ESKhN i prichiny ego nevestrebovannosti sel'skokhozyajstvennyimi tovaroproizvoditelyami v Rossii [Unified agricultural tax and the reasons why agricultural producers of Russia show absence of its demand]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra = Economics: Yesterday, Today and Tomorrow*. 2016;3:111-121. (In Russ.).

5. Zaruk N.F., Nosov A.V. Metodologiya opredeleniya nalogovoj sostavlyayushchej v konechnoj tsene produktsii dlya rascheta ee konkurentosposobnosti na rynke gosudarstv-chlenov EAES [Methods for determining the tax component in the final price of a product to calculate its competitiveness on the market of countries-members of EurAsEU]. *Niva Povolzh'ya = The Volga Region Farmland*. 2017;3(44):126-136. (In Russ.).

6. Kuleshova L.V., Lapina E.N., Sobchenko N.V. Osobennosti nalogooblozheniya agrobiznesa v Rossii [Features of the agribusiness taxation in Russia]. *Vestnik Izhevskoj gosudarstvennoj sel'skokhozyajstvennoj akademii = The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2016;2(47):58-65. (In Russ.).

7. Muravlyova T.V. Fiskal'naya paradigma razvitiya NDS v Rossii [Fiscal paradigm of Value Added Tax development in Russia]. *Vestnik Rossijskogo universiteta kooperatsii = Vestnik of the Russian University of Cooperation*. 2021;1(43):93-97. (In Russ.).

8. Nalogovyy kodeks Rossijskoj Federatsii (Chast' vtoraya) ot 05.08.2000 g. № 117-FZ [Tax Code of the Russian Federation (Part Two) of 05.08.2000 No. 117-FZ]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_28165/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28165/). (In Russ.).

9. Ovsyanko L.A., Chepeleva K.V., Borodina T.A., Pyzhikova N.I. Effektivnost' sistemy nalogooblozheniya v otsenkakh organov mestnogo samoupravleniya i sub'ektov APK [Taxation system efficiency as assessed by local government authorities and AIC entities]. *Mezhdunarodnyj sel'skokhozyajstvennyj zhurnal = International Agricultural Journal*. 2023;66(2):147-153. DOI 10.55186/25876740\_2023\_66\_2\_147. (In Russ.).

10. Svetunkov S.G. Modeli sprosa i predlozheniya v prostranstve tsena – ob'em – dokhod [Models of supply and demand in the price – volume – income space]. Ulyanovsk: Ulyanovsk State University Press; 1999. 181 p. (In Russ.).

11. Terenteva T.O., Kurtseitova L.T. Analiz vliyaniya povysheniya NDS na pokupatelnyuyu sposobnost rossijskogo potrebitelya [Analysis of the impact of increasing the VAT on the purchasing power of the Russian consumer]. *Global and Regional Research = Global and Regional Research*. 2019;1(2):433-438. (In Russ.).

12. O vnesenii izmenenij v chast'i pervuyu i vtoruyu Nalogovogo kodeksa Rossijskoj Federatsii i otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federatsii: Federal'nyj zakon ot 27.11.2017 № 335-FZ [On Amendments to Parts One and Two of the Tax Code of the Russian Federation and Separate Legislative Acts of the Russian Federation: Federal Law of 27.11.2017 No. 335-FZ]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_283495/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_283495/). (In Russ.).

13. FGBU "Agroeksport" (Federal'nyj tsentr razvitiya eksporta produktsii APK Minsel'khoza Rossii). Servisy i statistika. Ofitsial'nyj sayt FGBU "Agroeksport" [Federal Center "Agroexport" (Federal Centre for Development of Agricultural Exports of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation). Services and Statistics. Official website of Federal Center "Agroexport". URL: <http://aemcx.ru/>. (In Russ.).

14. Formirovanie sistemy motivatsii grazhdan k zdorovomu obrazu zhizni, vkluchaya zdorovoe pitanie i otkaz ot vrednykh privyчек (Ukreplenie obshchestvennogo zdorov'ya): pasport federal'nogo proekta, vkhodyashchego v sostav Natsional'nogo proekta «Demografiya», utverzhdennogo 3 sentyabrya 2018 g. [Formation of a system of motivation of citizens to a healthy lifestyle, including a healthy diet and rejection of bad habits (Strengthening public health): passport of the federal project, forming a part of the National Demography Project, approved on September 3, 2018]. URL: [http://glavafirovo.ru/main/nac\\_proecti\\_main/01\\_demographija.pdf](http://glavafirovo.ru/main/nac_proecti_main/01_demographija.pdf). (In Russ.).

15. Shevtsova T.P., Belokopytov A. V. Edinyj sel'skokhozyajstvennyj nalog kak instrument regulirovaniya effektivnosti sel'skokhozyajstvennogo proizvodstva [The Unified Agricultural Tax as a tool for regulation of agricultural production efficiency]. *Vestnik Rossijskogo gosudarstvennogo agrarnogo zaochnogo universiteta = Herald of Russian State Agrarian Correspondence University*. 2016;21(26):94-99. (In Russ.).

#### Информация об авторах

К.А. Захарова – кандидат экономических наук, доцент, зав. кафедрой экономики и финансов ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», <https://orcid.org/0000-0002-3603-2659>, k.a.zakharova@utmn.ru.

Н.А. Бабурина – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и финансов ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», <https://orcid.org/0000-0002-6970-0449>, n.a.baburina@utmn.ru.

Н.В. Иванова – старший преподаватель кафедры экономики и финансов ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», <https://orcid.org/0000-0001-6674-2179>, n.v.ivanova@utmn.ru.

#### Information about the authors

K.A. Zakharova, Candidate of Economic Sciences, Docent, Head of the Dept. of Economics and Finance, University of Tyumen, <https://orcid.org/00-00-0002-3603-2659>; k.a.zakharova@utmn.ru.

N.A. Baburina, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Economics and Finance, University of Tyumen, <https://orcid.org/00-000002-6970-0449>, n.a.baburina@utmn.ru.

N.V. Ivanova, Senior Lecturer, the Dept. of Economics and Finance, University of Tyumen, <https://orcid.org/00-0001-6674-2179>, n.v.ivanova@utmn.ru.

Статья поступила в редакцию 15.05.2023; одобрена после рецензирования 19.06.2023; принята к публикации 26.06.2023.

The article was submitted 15.05.2023; approved after reviewing 19.06.2023; accepted for publication 26.06.2023.

© Захарова К.А., Бабурина Н.А., Иванова Н.В., 2023

## **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 три диссертационных совета:  
**35.2.008.01, 35.2.008.02 и 35.2.008.03.**

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 – Терновых Константин Семенович, доктор экономических наук, профессор (5.2.3., экономические науки).

Заместитель председателя – Запорожцева Людмила Анатольевна, доктор экономических наук, доцент (5.2.3., экономические науки).

Ученый секретарь – Медеяева Зинаида Петровна, доктор экономических наук, профессор (5.2.3., экономические науки).

Диссертационный совет 35.2.008.03 (приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 1541/нк от 21 ноября 2022 г.) принимает к защите диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по специальностям:

1.5.20. Биологические ресурсы (сельскохозяйственные науки);

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки).

Председатель – Мязин Николай Георгиевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (4.1.3., сельскохозяйственные науки).

Заместитель председателя – Олейникова Елена Михайловна, доктор биологических наук, доцент (1.5.20., сельскохозяйственные науки).

Ученый секретарь – Голева Галина Геннадьевна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент (1.5.20., сельскохозяйственные науки).

Диссертационный совет Д 220.010.03 не активен с 17.10.2022 г. в связи с утверждением новой номенклатуры научных специальностей.



## 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 незавершенных, 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 абзачным отступом 1,25 см, кегль 12, через одинарный интервал, выравниванием по ширине и иметь следующий размер полей: левое, правое, верхнее, нижнее – 2,5 см (формат А4). Рисунки (графический материал) должны быть выполнены в форме jpg или tif с разрешением не менее 200 dpi, обеспечивать ясность передачи всех деталей (только черно-белое исполнение). Таблицы являются частью текста и не должны создаваться как графические объекты. Полутонные фотографии могут использоваться только при крайней необходимости. Таблицы, рисунки, а также уравнения нумеруются в порядке их упоминания в тексте.

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

***Статьи рецензируются.***

Редакторы **А.В. Квасникова, С.А. Дубова**  
Компьютерная верстка **Е.В. Корнова**

Дата выхода в свет 30.06.2023 г.

Подписано в печать 28.06.2023 г. Формат 60x84<sup>1/8</sup>  
Бумага офсетная. Объем 38,63 п.л. Гарнитура Times New Roman.  
Тираж 1100 экз. Заказ № 24641  
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