

ISSN 2071-2243

DOI: 10.53914/issn2071-2243

EDN: UGWVQY

ВЕСТНИК

Воронежского государственного
аграрного университета

Теоретический
и научно-практический
журнал

Том 16, 3(78) • 2023



ISSN 2071-2243

DOI: 10.53914/issn2071-2243

EDN: UGWVQY

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 3(78)**

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_3

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 –
№ 394 по состоянию на 07.07.2023**

**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, и. о. заведующего кафедрой 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, декан инженерной школы (факультета) ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет».

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

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

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

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

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

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

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

Журнал включен в библиографическую базу данных научных публикаций российских ученых и Российский индекс научного цитирования статей (РИНЦ), 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

© ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2023

ISSN 2071-2243

DOI: 10.53914/issn2071-2243

EDN: UGWVQY

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 3(78)**

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_3

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. 394 as of July 07, 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 Agroecosis, 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, Acting Head of 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. Ismuratov, Doctor of Economic Sciences, Full Professor, Academician of the Kazakh National Academy of Sciences, President, Kostanay Engineering-Economical University named after M. Dulatov.

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

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

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

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

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

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

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

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

The journal is included in the bibliographic database of Scientific Publications of Russian Authors and of the Information about Citing These Publications, i.e. Russian Science Citation Index (RINTS), in the 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

© 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)

Подлесных Н.В., Кадыров С.В., Образцов В.Н.

Биологический потенциал и перспективы повышения продуктивности
твердой яровой пшеницы в условиях ЦЧР

Podlesnykh N.V., Kadyrov S.V., Obratsov V.N.

Biological potential and prospects for increasing the productivity
of hard spring wheat in the conditions of the Central Chernozem Region..... 13

Кадыров С.В., Подлесных Н.В., Задорожная В.А., Образцов В.Н.

Влияние норм высева и азотного питания на показатели
качества твердой яровой пшеницы в условиях лесостепи ЦЧР

Kadyrov S.V., Podlesnykh N.V., Zadorozhnaya V.A., Obratsov V.N.

Effect of seeding rate and nitrogenous nutrition on quality parameters of hard spring
wheat in the conditions of the forest-steppe of the Central Chernozem Region..... 22

Дорохов А.С., Пыльнев В.В., Семенова Н.А., Широкова М.С., Чилингарян Н.О.

Влияние спектрального состава света на накопление фотосинтетических пигментов
и урожайность зерновых культур при выращивании в контролируемых условиях

Dorokhov A.S., Pylnov V.V., Semenova N.A., Shirokova M.S., Chilingaryan N.O.

Effect of spectral composition of light on the accumulation of photosynthetic pigments
and yield of grain crops grown in controlled condition 29

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

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

Гасанова Е.С., Малявская А.В., Стекольников К.Е., Мязин Н.Г.

Влияние многолетнего внесения удобрений и мелиоранта
на основные показатели плодородия чернозема выщелоченного

Gasanova E.S., Malyavskaya A.V., Stekolnikov K.E., Myazin N.G.

Effect of long-term application of fertilizers and ameliorant
on the basic indicators of fertility of leached chernozem soil..... 42

Илларионов А.И., Деркач А.А., Торопчин И.С.

Методы и средства интегрированной защиты картофеля от вредных организмов

Illarionov A.I., Derkach A.A., Toropchin I.S.

Methods and means of integrated protection of potato crop from pests 53

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)

Рябчинская Т.А., Яковлева Л.Л., Бобрешова И.Ю.

Перспективы разработки биоцидного препарата на основе биологически активных веществ из борщевика Сосновского

Ryabchinskaya T.A., Yakovleva L.L., Bobreshova I.Yu.

Prospects for the development of biocidal preparation based on biologically active substances from *Heracleum sosnowskyi* 69

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

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

Тихонова М.А.

Хозяйственно-биологическая оценка темнойгодных столовых сортов винограда (*Vitis L.*) в условиях Южного Урала

Tikhonova M.A.

Commercial and biological assessment of table dark grape varieties (*Vitis L.*) in the conditions of the Southern Ural 87

Мережко О.Е., Аминова Е.В.

Анализ современного сортимента и динамики выращивания яблони (*Malus domestica* Borkh.) в садоводстве России

Merezhko O.E., Aminova E.V.

Analysis of the modern assortment and dynamics of cultivation of apple tree (*Malus domestica* Borkh.) in horticulture in Russia 94

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

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

Мажайский Ю.А., Павлов А.А.

Методика расчета водного режима мелиорированных земель

Mazhaysky Yu.A., Pavlov A.A.

Water regime of reclaimed lands calculation procedure 101

Симакова Т.В., Симаков А.В., Иванова А.Д.

Мониторинг мелиорируемых земель с использованием ландшафтно-экологического подхода

Simakova T.V., Simakov A.V., Ivanova A.D.

Monitoring of reclaimed lands using the landscape-ecological approach 112

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

Возможные способы мелиорации почв при загрязнении радиоактивными изотопами

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

Possible methods of reclamation of soils contaminated with radioactive isotopes 128

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)

Шепелёв С.Д., Ческидов М.В., Чирков Г.Н.

Определение параметров воздушно-шнекового сепаратора с переменным шагом винта

Shepelev S.D., Cheskidov M.V., Chirkov G.N.

Parametrization procedure for an air-screw separator with a variable propeller pitch 136

Василенко С.В., Василенко В.В.

Обоснование конструктивных решений совершенствования технологии отвальной вспашки

Vasilenko S.V., Vasilenko V.V.

Justification of constructive solutions for improving the technology of moldboard plowing 143

Беляев А.Н., Тришина Т.В., Новиков А.Е., Шередекин П.В., Высокая И.А.

Методика аналитического определения действительной траектории поворота колесной машины

Belyaev A.N., Trishina T.V., Novikov A.E., Sheredekin P.V., Vysotskaya I.V.

Procedure for analytical determination of the actual turning trajectory of a wheeled vehicle 151

Гиевский А.М., Солдатов Ю.И.

Особенности присасывания семян сахарной свеклы к ячейке диска
высевающего аппарата пневматической сеялки

Gievskiy A.M., Soldatov Yu.I.

Features of sugar beet seed suckling to the disc cell of the sowing apparatus of a pneumatic seed drill 159

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

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

Вендин С.В., Саенко Ю.В., Широков М.С., Страхов В.Ю.

Обоснование режимов проращивания зерна на установках периодического и непрерывного действия

Vendin S.V., Saenko Yu.V., Shirokov M.S., Strakhov V.Yu.

Justification of grain germination modes using intermittent- and continuous-action plants 169

5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА
(ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS
(ECONOMIC SCIENCES)

Запорожцева Л.А., Измайлов М.К., Арбенина Е.А., Леонова Н.В.

Цифровизация аграрного сектора ЦФО: проблемы и пути решения

Zaporozhtseva L.A., Izmaylov M.K., Arbenina E.A., Leonova N.V.

Challenges and solutions of the digitalization of the agrarian sector of the Central Federal District 178

Муравьева М.В., Воротников И.Л., Солопов П.А., Гутуев М.Ш.

Проблемы становления и развития информационно-консультационной
службы агропромышленного комплекса (ИКС АПК) России

Muravieva M.V., Vorotnikov I.L., Solopov P.A., Gutuev M.Sh.

Challenges of formation and development of the Information and
Advice Service of Agro-Industrial Complex of Russia 189

Терновых К.С., Китаёв Ю.А., Ужик В.Ф., Китаёва О.В.

Структурные изменения в производстве и потреблении молока и молочных продуктов в России

Ternovykh K.S., Kitaev Yu.A., Uzhik V.F., Kitaeva O.V.

Structural changes in the production and consumption of milk and dairy products in Russia 198

Лепшокова Р.Р., Шевхужева Л.А., Погодаева И.В. Оценка продуктивности бычков мясных пород при выращивании в условиях Северного Кавказа	
Lepshokova R.R., Shevkhuzheva L.A., Pogodaeva I.V. Evaluation of the productivity of beef bulls grown in the conditions of the North Caucasus	208
Аничин В.Л., Добрунова А.И., Ломазов В.А., Яковенко Н.Ю. Структурные изменения в производственно-коммерческой деятельности сельскохозяйственных организаций Белгородской области	
Anichin V.L., Dobrunova A.I., Lomazov V.A., Yakovenko N.Yu. Structural changes in the production and commercial activities of agricultural organizations of Belgorod Oblast	217
Тер-Григорьянц А.А., Шелухина Е.А. Современное состояние и тенденции производства зерна в Ставропольском крае	
Ter-Grigor'yants A.A., Shelukhina E.A. Current state and trends of grain production in Stavropol Krai.....	225
Меренкова И.Н. Условия формирования и развития сельской инфраструктуры неурбанизированных территорий	
Merenkova I.N. Conditions for the formation and development of rural infrastructure of non-urbanized territories	238
Уколова А.В., Дашиева Б.Ш., Быков Д.В., Ульянов А.Е., Храмов Д.Э. Моделирование уровня производства сельскохозяйственной продукции в крестьянских (фермерских) хозяйствах методами эконометрики и машинного обучения	
Ukolova A.V., Dashieva B.Sh., Bykov D.V., Ulianckin A.E., Khramov D.E. Modeling the level of agricultural production in peasant (farm) households using econometrics and Machine Learning Methods.....	251
Кателикова Т.И., Кателиков А.Н. Организационные аспекты системы внутреннего контроля экономических субъектов	
Katelikova T.I., Katelikov A.N. Organizational aspects of internal control system of economic entities	263

5.2.4. ФИНАНСЫ (ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

5.2.4. FINANCE (ECONOMIC SCIENCES)

Пшеничников В.В. Возможности, особенности и риски использования криптовалют предприятиями агропромышленного комплекса в международных расчетах	
Pshenichnikov V.V. Opportunities, features and risks of using cryptocurrencies by enterprises of Russian Agro-Industrial Complex in international settlements.....	269

НАУЧНАЯ ЖИЗНЬ SCIENTIFIC ACTIVITIES

Научной библиотеке ВСХИ (ВГАУ) 110 лет. Первые сотрудники НБ Scientific Library of Voronezh Agricultural Institute (Voronezh State Agrarian University) celebrates its 110 th Anniversary. The first employees of the Scientific Library.....	276
Наш юбиляр – Александр Николаевич Беляев Aleksandr N. Belyaev is our anniversary celebrant.....	292
Советы по защите докторских и кандидатских диссертаций, созданные на базе Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I Doctoral and candidate science-degree councils formed on the basis of Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.....	294
Информация для авторов Information for the authors	295

4.1.1. ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья
УДК 633.11(470.32)
DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_3_13

EDN: UOYPHX

**Биологический потенциал и перспективы повышения
продуктивности твердой яровой пшеницы в условиях ЦЧР**

Надежда Владимировна Подлесных^{1✉}, Сабир Вагидович Кадыров²,
Владимир Николаевич Образцов³

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

¹env.05@mail.ru✉

Аннотация. Представлены результаты исследований, проведенных с целью выявления возможности возделывания твердой и мягкой яровой пшеницы в условиях Центрального Черноземья (Воронежской области). Зерно твердой пшеницы характеризуется высокой стекловидностью эндосперма и высококачественной клейковиной, обладающей высокой упругостью. В мире на долю твердой пшеницы приходится около 9% валового производства зерна, что составляет 30–35 млн т в год. Основными производителями твердой пшеницы являются Канада, Италия, Турция. Министерство сельского хозяйства РФ в 2022 г. поставило задачу увеличить в ближайшей перспективе производство твердой пшеницы за счет планомерного расширения посевных площадей и внедрения интенсивных более урожайных сортов и технологий. По данным ФГБУ «Центрально-Черноземное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», на территории ЦЧР достаточное количество радиационных ресурсов – от 2,2 до 3,5 млрд ккал/га. Расчет потенциально возможной урожайности твердой яровой пшеницы в условиях Воронежской области показал, что при приходе ФАР 101,65 кДж/см² и при 2% КПД ФАР ее продуктивность может достигать 48,8 ц/га, а при 3% – 73,2 ц/га. Потенциальная продуктивность твердой яровой мягкой пшеницы ниже (при 2% КПД ФАР – 47,7 ц/га, а при 3% – 71,5 ц/га), за счет того, что вегетационный период в среднем меньше на 5 дней и приход ФАР составляет 96,95 кДж/см². Действительно возможная урожайность твердой яровой пшеницы ниже потенциальной, но за последние годы в ЦЧР прослеживается тенденция ее увеличения вследствие изменения климатических условий (роста количества осадков за период вегетации). Показана возможность выращивания твердой яровой пшеницы с высоким качеством зерна и продуктивностью, достигающей 4,5–5,5 т/га.

Ключевые слова: твердая и мягкая яровая пшеница, фотоактивная синтетическая радиация (ФАР), КПД ФАР, потенциально возможная урожайность, действительно возможная урожайность

Для цитирования: Подлесных Н.В., Кадыров С.В., Образцов В.Н. Биологический потенциал и перспективы повышения продуктивности твердой яровой пшеницы в условиях ЦЧР // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 3(78). С. 13–21. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_13-21.

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

Original article

**Biological potential and prospects for increasing the productivity
of hard spring wheat in the conditions of the Central Chernozem Region**

Nadezhda V. Podlesnykh^{1✉}, Sabir V. Kadyrov², Vladimir N. Obratsov³

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

¹env.05@mail.ru✉

Abstract. The authors present the results of research conducted in order to confirm the possibility of cultivating hard and soft spring wheat in the conditions of the Central Chernozem Region (Voronezh Oblast). Hard wheat grain is characterized by high vitreousness of endosperm and high-quality gluten with high resilience. In the world, hard wheat accounts for about 9% of gross grain production, which is 30-35 million tons per year. The main producers of hard wheat are Canada, Italy, and Turkey. In 2022 the Ministry of Agriculture of the Russian Federation set the task of increasing the production of hard wheat in the near future through systematic expansion of crop acreage and implementation of more productive intensive cultivars and technologies. According to the Federal State Budgetary Institution "Central Chernozem Administration for Hydrometeorology and Environmental Monitoring", there is a sufficient amount of radiation resources in the territory of the Central Chernozem Region (from 2.2 to 3.5 billion kcal/ha). The calculation of the potential yield of hard spring wheat in the conditions of Voronezh Oblast has shown that with the inflow of 101.65 kJ/cm² of photosynthetically active radiation (PAR) and 2% PAR efficiency the productivity of

hard spring wheat can reach 48.8 c/ha, and 73.2 c/ha at 3% PAR efficiency. The potential productivity of soft spring wheat is lower (47.7 c/ha at 2% PAR efficiency, and 71.5 c/ha at 3% PAR efficiency) due to the fact that its growing season is shorter by 5 days on average and PAR inflow is 96.95 kJ/cm². The actually possible yield of spring wheat is lower than potential, but in the Central Chernozem Region in recent years there has been a trend towards increasing the actually possible yield due to changes in climatic conditions (e.g. an increase in the amount of precipitation during the growing season). The research has shown the possibility of growing hard spring wheat with high grain quality and productivity reaching 4.5-5.5 tons/ha.

Key words: hard and soft spring wheat, photosynthetically active radiation (PAR), PAR efficiency, potentially possible yield, actually possible yield

For citation: Podlesnykh N.V., Kadyrov S.V., Obraztsov V.N. Biological potential and prospects for increasing the productivity of hard spring wheat in the conditions of the Central Chernozem Region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(3):13-21. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_13-21.

Пшеница является одной из наиболее востребованных в мире продовольственных культур. На ее долю приходится 1/3 часть всех посевов зерновых. Пшеница твердая – второй по распространению вид пшеницы на земном шаре. Ее зерно характеризуется высокой стекловидностью эндосперма и высококачественной клейковиной, обладающей высокой упругостью. Содержание белка составляет от 13 до 23%, стекловидность – от 70 до 90%. В отличие от пшеницы мягкой, крахмал пшеницы твердой имеет кристаллическую форму, не разрушаемую при размолоте. Среди минеральных элементов преобладают Si, B, Va, Mn, Se, Mo, P, Co, Cu. В зерне также присутствуют такие витамины, как B₁, B₂, B₃, B₄, B₅, B₆, B₇, B₉, K, E, A, бета-каротин [3, 18, 26–29].

Из зерна пшеницы производят муку для разнообразных хлебобулочных (хлеб, бараночные и сухарные продукты), макаронных и кондитерских изделий, крупы (манная, пшеничная, булгур, кус-кус, фрик и др.), которые пользуются постоянным спросом населения. При употреблении изделий из твердой пшеницы человек не поправляется, так как крахмал пшеницы твердой не усваивается организмом. Помимо продовольственного значения твердая пшеница имеет и кормовое: зерно пшеницы твердой 5-го класса идет на кормовые цели и используется при производстве комбикормов. В 1 кг зерна содержится 1,2 к. ед. [18, 19, 26].

Не стоит забывать и о лекарственном значении этой культуры. Экстракт зародышей пшеницы применяется как иммуномодулятор, увеличивающий сопротивляемость организма действию внешних стрессов; как средство, ускоряющее заживление ожогов, ран, язв; как антиоксидант, укрепляющий стенки сосудов, препятствующий старению и развитию опухолей. Пшеничные отруби снижают риск сердечно-сосудистых заболеваний и предотвращают ожирение [18].

В мире доля зерна твердой пшеницы составляет около 9% валового производства (около 30–35 млн т в год). Основными производителями твердой пшеницы являются Канада, Италия, Турция (табл. 1). При этом, по оценкам экспертов, на внешний рынок идет всего около 8–9 млн т ежегодно, остальное зерно пшеницы твердых сортов производится для обеспечения внутренних потребностей стран [4, 7, 19, 26].

В РФ сбор статистической информации относительно площади посева, учета урожая пшеницы твердых сортов отдельно не ведется, деление на мягкие и твердые сорта отсутствует. Сложности в подсчетах статистики возникают еще и потому, что многие сельхозпроизводители называют «твердой» мягкую твердозерную пшеницу с высокой стекловидностью (более 65%). Но стекловидность настоящей твердой пшеницы должна быть не менее 70% [19]. По данным Министерства сельского хозяйства РФ, в 2022 г. посевы твердой пшеницы составили 790 тыс. га, что превысило среднееголетние значения за последние 5 лет (650–700 тыс. га с 2017 г.). В ближайшей перспективе появится возможность увеличить производство твердой пшеницы за счет планомерного расширения посевных площадей и внедрения интенсивных более урожайных сортов и технологий. Таким образом, ведомство рассчитывает увеличить валовый сбор твердой пшеницы к 2025 г. до 1,8 млн т [6, 11].

Таблица 1. Основные производители твердой пшеницы (по данным Международного совета по зерну (IGC), средние данные за 2002–2019 г. [7])

Страна производитель	Производство твердой пшеницы		
	млн т	млн га	т/га
Канада	5,5	2,3	2,1
Италия	4,2	1,4	3,0
Турция	3,8	1,5	2,1
Марокко	2,2	1,0	1,4
Франция	2,1	0,4	4,8
Мексика	2,1	0,2	4,5
Алжир	2,0	1,1	1,4
США	2,0	1,1	2,3
Испания	1,2	0,5	2,4
Греция	1,2	0,6	2,0
Индия	1,1	0,7	2,0
Китай	1,0	0,3	3,3
Сирия	0,9	1,1	2,5
Тунис	0,9	0,7	1,8
Россия	0,8	0,65	2,0
Казахстан	0,5	2,3	1,1

Планируемое увеличение производства твердой пшеницы связано с ее дефицитом, о чем в сентябре 2021 г. заявили представители предприятий-переработчиков, изготавливающих макаронные изделия и крупы (АО «Макфа», ООО «Альянс», АО «Лима», ООО «Алтан», АО «СИ Групп», ООО «Барилла Рус» и др.) [11].

В настоящее время около 80% урожая твердой пшеницы собирается в Алтайском крае, Оренбургской, Челябинской, Омской, Саратовской, Самарской и Волгоградской областях [11].

Для достижения максимальной потенциальной урожайности яровой пшеницы в производственных условиях необходимо оптимально управлять факторами, такими как освещение, тепло, влага и питание растений. Рост и развитие растений, а следовательно, и продуктивность, определяются процессом фотосинтеза, который зависит от интенсивности фотосинтетически активной радиации (ФАР) в течение всего периода вегетации культуры [8, 15, 16, 25].

Таблица 2. Поступление солнечной радиации, пункт наблюдения – Воронеж

Месяц	Месячные и годовые суммы		
	Суммарная солнечная радиация, вКт·ч/м ² [21]	Суммарная солнечная радиация, кДж/см ² [22]	Поступление ФАР, кДж/см ² [8]
Январь	30,7	8,4	4,19
Февраль	60,1	14,2	7,12
Март	117,0	28,9	14,65
Апрель	129,0	38,5	19,30
Май	169,0	56,5	28,50
Июнь	166,0	62,0	30,98
Июль	176,0	59,0	29,30
Август	151,0	47,3	23,86
Сентябрь	120,0	32,6	12,56
Октябрь	81,8	17,6	8,79
Ноябрь	50,3	8,0	4,19
Декабрь	37,1	5,0	2,51
За год	1288,0	378,0	185,95

Данные, предоставленные ФГБУ «Центрально-Черноземное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», показывают, что территория ЦЧР обладает значительными радиационными ресурсами, которые колеблются в пределах от 2,2 до 3,5 млрд ккал на гектар. В таблице 2 приведены данные о ежемесячной и годовой сумме солнечной радиации за последние 20 лет [1, 7, 10, 14].

Используя данные о приходе фотосинтетически активной радиации (ФАР) в течение вегетационного периода яровой твердой и мягкой пшеницы, провели расчет потенциального урожая для исследуемой культуры при разных КПД ФАР, что отражено в таблице 3. Из результатов видно, что для достижения хороших урожаев на территории ЦЧР необходимо достигать усвоения ФАР на уровне 2–3%.

Таблица 3. Потенциальная продуктивность яровой твердой и мягкой пшеницы при различном использовании ФАР, ц/га

Приход ФАР за период вегетации, кДж/см ²	КПД ФАР, %										
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
Твердая пшеница											
101,65	12,2	24,4	36,6	48,8	61,0	73,2	85,4	97,6	109,8	122,0	134,2
Мягкая пшеница											
96,95	11,9	23,9	35,8	47,7	59,6	71,5	83,4	95,3	107,2	119,1	131,0

В условиях Воронежской области при приходе ФАР 101,65 кДж/см² и при 2% КПД ФАР продуктивность яровой твердой пшеницы может достигать 48,8 ц/га, а при 3% – 73,2 ц/га. Потенциальная продуктивность яровой мягкой пшеницы ниже (при 2% КПД ФАР – 47,7 ц/га, а при 3% – 71,5 ц/га), за счет того, что вегетационный период в среднем меньше на 5 дней и приход ФАР составляет 96,95 кДж/см². Но фактически получаемая урожайность культуры значительно ниже у обоих изучаемых видов озимой пшеницы.

В ЦЧР площади посева твердой пшеницы незначительны, хотя для Черноземья *Triticum durum* не является новой культурой. По мнению аграриев, в 60-е годы XX в. ее возделывали на площади до 150 тыс. га. С развитием в стране свиноводства возрос спрос на ячмень, посевы которого в яровом клине в свое время заместили твердые сорта пшеницы [7, 20, 23, 24].

Почвенно-климатические условия ЦЧР для возделывания твердой пшеницы как яровой [17], так и озимой [5] вполне благоприятны. Отметим, что твердая пшеница меньше страдает от ржавчины, мучнистой росы и головни, от гессенской и шведской мушек, а ее транспирационный коэффициент (расход воды на создание 1 ед. сухого вещества) ниже, чем у мягкой пшеницы: мягкая яровая – 415, твердая – 406; мягкая озимая – 450, твердая – 420, что является преимуществом в условиях ЦЧР, где лимитирующим урожайность фактором является влага [10, 12, 13, 17].

По данным многолетних исследований, проводившихся в Рамонском районе Воронежской области с 1945 по 2014 г., среднегодовая температура воздуха увеличилась на 3,5°, а количество осадков – на 150 мм. Осадки выпадают преимущественно в виде ливней, и за несколько дней может выпасть их месячная норма, что негативно сказывается на состоянии сельскохозяйственных культур [10].

Таблица 4. Погодные условия Воронежской области [1]

Период	Температура, °С			Количество осадков за период вегетации, мм	Число дней с осадками за период вегетации
	среднегодовая	абсолютный максимум	абсолютный минимум		
2022	8,2	32,6	-17,7	852	213
2021	8,4	35,7	-21,6	583	209
2020	9,5	38,0	-16,8	439	185
2019	9,0	33,8	-20,6	522	183
2018	7,7	33,3	19,8	611	185
2017	8,2	35,4	-25,4	643	217
2016	8,1	37,8	-23,6	789	220
2015	8,8	35,3	-23,5	532	179
2014	8,0	36,6	-29,5	434	168
2013	8,4	34,6	-19,4	643	198
2012	7,8	35,4	-27,8	382	161
2011	7,2	35,1	-26,0	140	140
2010	8,4	39,3	-31,7	189	89
2009	7,9	34,6	26,6	216	131
2008	8,2	36,0	-25,5	199	133
2007	8,3	36,3	-22,5	250	141
2006	6,6	33,6	-31,3	342	141
2005	8,4	32,4	-21,5	311	129

Уровень действительно возможной урожайности по лимитирующему в ЦЧР фактору – влагообеспеченность – определяют по формуле [8, 9]

$$Y_{дв} = \frac{100 (W_0 + P \times a + W_r - W_y)}{K_w} \times K_m,$$

где $Y_{дв}$ – действительно возможная урожайность по влагообеспеченности, ц/га;
 W_0 – запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы на момент посева однолетних и возобновления вегетации многолетних культур (158 мм), мм;
 P – количество осадков, выпадающих за период вегетации культуры, мм;
 a – коэффициент полезного использования осадков (0,9);
 W_r – количество влаги, поступающей из грунтовых вод, мм (наблюдается в случае, если грунтовые воды располагаются на глубине до 3 м [2, 8]);
 W_y – запасы влаги на момент уборки культуры (40 мм), мм;
 K_w – коэффициент водопотребления (для твердой яровой пшеницы – 440, для мягкой – 430);
 K_m – коэффициент хозяйственной эффективности урожая при стационарной влажности (для современных низкорослых сортов твердой яровой пшеницы K_m может достигать 0,530, для мягкой яровой пшеницы – 0,550).

По результатам расчетов, приведенных в таблице 5, можно сделать вывод, что действительно возможная урожайность яровой пшеницы ниже потенциальной, но за последние годы в ЦЧР прослеживается тенденция ее увеличения вследствие изменения климатических условий (увеличения количества осадков за период вегетации).

Таблица 5. Действительно возможная урожайность мягкой и твердой яровой пшеницы в условиях лесостепи ЦЧР (Воронеж)

Период	Количество осадков за период вегетации культуры, мм	Количество влаги за период вегетации, мм	Действительно возможная урожайность по влагообеспеченности, ц/га	
			твердой пшеницы	мягкой пшеницы
2005	163	330,7	39,83	42,30
2006	113	285,7	34,41	36,54
2007	36	216,4	26,07	27,68
2008	72	248,8	29,97	31,82
2009	56	234,4	28,23	29,98
Среднее за 2005/2009 гг.	–	–	31,70	33,67
2010	90	265,0	31,92	33,90
2011	52	230,8	27,80	29,52
2012	6,8	190,1	22,90	24,32
2013	144	313,6	37,77	40,11
2014	150	319,0	38,43	40,80
Среднее за 2010/2014 гг.	–	–	31,76	33,73
2015	150	319,0	38,43	40,80
2016	246	405,4	48,83	51,85
2017	156	324,4	39,08	41,49
2018	191	355,9	42,87	45,52
2019	206	369,4	44,50	47,25
Среднее за 2015/2019 гг.	–	–	42,74	45,38
2020	176	342,4	41,24	43,80
2021	211	373,9	45,04	47,82
2022	212	374,8	45,15	47,94
Среднее за 2020/2022 гг.	–	–	43,81	46,52

По данным собственных исследований, в 2022 г. урожайность разных сортов яровой твердой пшеницы в условиях К(Ф)Х «Приволье» Липецкой области составила более 50 ц/га, а в условиях УНТЦ «Агротехнологии» Воронежского государственного аграрного университета (Воронеж) – более 40 ц/га.

Таким образом, учитывая радиационный режим, характерный для ЦЧР, а также достаточно благоприятные почвенно-климатические условия, выращивание яровой твердой пшеницы в условиях региона возможно при высоком качестве зерна и продуктивности, достигающей 4,5–5,5 т/га. Однако для достижения такой урожайности требуется оптимизация всех факторов, влияющих на жизнедеятельность растений, создание благоприятного экологического режима и повышение интенсивности и продуктивности фотосинтеза.

Список источников

1. Архив погоды в Воронеже [Электронный ресурс] // Официальный сайт ООО «Расписание погоды». URL: https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Воронеже (дата обращения: 06.04.2023).
2. Бочаров В.Л., Бабкина О.А. Экологическая гидрогеология бассейна среднего течения реки Усмань (Воронежская область) // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2001. № 12. С. 197–205.
3. Буюкли П.И. Твердая озимая пшеница. Кишинев: Штиинца, 1983. 224 с.
4. Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС) [Электронный ресурс] // Официальный сайт Росстата. URL: <https://rosstat.gov.ru/emiss> (дата обращения: 19.02.2023).

5. Ермакова Н.В. Особенности развития, формирования урожая и качества зерна озимой твердой и тургидной пшеницы в лесостепи ЦЧР: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09. Воронеж, 2009. 213 с.
6. Жученко А.А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства: Концепция // Государственная программа «Перспективные процессы с.-х. производства». Пушино: Пушино научный центр Рос. акад. наук. Отд. науч.-техн. информации, 1995. 119 с.
7. Зайцева И. Возрождение твердой пшеницы [Электронный ресурс] // Сайт ИКАР – Институт Конъюнктуры Аграрного Рынка. Статьи экспертов. URL: <http://ikar.ru/articles/382.html> (дата обращения: 10.03.2023).
8. Кадыров С.В., Федотов В.А. Технологии программированных урожаев в ЦЧР: справочник. Воронеж: ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2005. 544 с.
9. Каюмов М.К. Программирование продуктивности полевых культур: справочник; 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Росагропромиздат, 1989. 368 с.
10. Кравец М.В., Бартенев И.И., Борзенков С.П., Гаврин Д.С. Изменение климата и семеноводство сахарной свеклы в ЦЧР // Приемы и средства повышения продуктивности сахарной свеклы и других культур севооборота: сборник научных трудов. Воронеж: Воронежский ЦНТИ – филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго России, 2014. С. 87–90.
11. Максимова Е., Кулистикова Т. Минсельхоз рассчитывает увеличить производство твердой пшеницы. К 2025 году ее урожай может достигнуть 1,8 млн тон [Электронный ресурс] // Журнал «Агроинвестор». 21 января 2022. URL: <https://www.agroinvestor.ru/markets/news/37398-minselkhoz-rasschityvaet-uvlechit-proizvodstvo-tverdou-pshenitsy/> (дата обращения: 10.03.2023).
12. Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г. Сорты яровой твердой пшеницы для Средневолжского и Уральского регионов Российской Федерации // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29, № 10. С. 58–62.
13. Матвеева Н.В. Отзывчивость яровой пшеницы на предпосевную обработку семян регуляторами роста и микроудобрениями в северной лесостепи Тюменской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01. Тюмень, 2014. 26 с.
14. Мировой рынок твердой пшеницы и перспективы его развития [Электронный ресурс] // Центр селекции растений «Агролига». URL: https://files.sk.ru/navigator/company_files/1121664/Агролига%20Премиальные%20сорта%20русского%20дурума.pdf (дата обращения: 05.03.2023).
15. Ничипорович А.А., Строганова Л.Е., Чмора С.Н. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. Москва: Изд-во АН СССР, 1961. 136 с.
16. Ничипорович А.А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев. Москва: Изд-во Акад. наук СССР, 1956. 92 с.
17. Подлесных Н.В., Кадыров С.В. Потенциальная урожайность твердой озимой пшеницы и возможность ее возделывания в условиях ЦЧР // Вестник Воронежского государственного аграрного университета, 2022. Т. 15, № 3(74). С. 59–64. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_3_59.
18. Пшеница твердая *Triticum durum* Desf. L. [Электронный ресурс] // Реклама для ООО «Сингента». URL: https://www.pesticity.ru/Пшеница_твердая (дата обращения: 05.03.2023).
19. Пшеница твердых сортов: особенности производства и перспективы [Электронный ресурс] // Ресурсосберегающее земледелие. 2018. № 1(37). URL: <https://agriecommission.com/base/pshenica-tverdyyh-sortov> (дата обращения: 07.03.2023).
20. Реестр селекционных достижений [Электронный ресурс] // ФГБУ «Госсорткомиссия». URL: <https://reestr.gossortrf.ru/search/> (дата обращения: 16.05.2023).
21. Солнечная инсоляция в городах России и СНГ [Электронный ресурс] // Официальный сайт ООО ПК «АНДИ Групп». URL: <https://andi-grupp.ru/informatsiya/stati/solnechnaya-insolyatsiya-v-gorodakh-rossii/> (дата обращения: 19.02.2022).
22. Солнечная радиация. Таблицы инсоляции [Электронный ресурс] // Официальный сайт ООО «АльтЭнго». URL: http://net220.ru/poleznye_statii/solnechnaya_radiatsiya_tablicy_insolyatsii/ (дата обращения: 19.02.2022).
23. Травин Г.Н., Савенков В.П. Адаптивность сортов твердой яровой пшеницы различного географического происхождения в условиях Липецкой области // Аспекты современных агротехнологий: сборник научных трудов конференции. Воронеж: ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2005. С. 30–32.
24. Травин Г.Н. Формирование высокопродуктивных посевов твердой яровой пшеницы в лесостепи ЦЧР с использованием адаптивных сортов, удобрений и фунгицидов: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09. Воронеж, 2007. 150 с.
25. Федотов В.А., Кадыров С.В., Щедрина Д.И. и др. Растениеводство Центрального Черноземья России: учебник. Воронеж: ООО «Изд-во Черноземье», 2019. 581 с.
26. Федотов В.А., Карасев Г.Н. Интенсивная технология возделывания озимой пшеницы. Воронеж: Центрально-Черноземное книжное издательство, 1987. 192 с.
27. Федотов В.А., Подлесных Н.В., Цыкалов А.Н. и др. Озимая твердая и тургидная пшеница в ЦЧР: монография; под общ. ред. проф. В.А. Федотова. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. 223 с.
28. Юсов В.С., Евдокимов М.Г., Мешкова Л.В., Глушаков Д.А. Создание сортов яровой твердой пшеницы, устойчивых к стеблевой ржавчине в Западной Сибири // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. № 182(2). С. 131–138. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-2-131-138.
29. Якушкин И.В. Растениеводство: учебник. 2-е изд. Москва: Сельхозиздат, 1953. 716 с.

References

1. Arhiv pogody v Voronezhe. Offitsial'nyj sajt OOO «Raspisanie pogody» [Weather archive in Voronezh. Official website of OOO "Raspisanie pogody"]. URL: https://rp5.ru/Arhiv_pogody_v_Voronezhe. (In Russ.).
2. Bocharov V.L., Babkina O.A. Ekologicheskaya gidrogeologiya bassejna srednego techeniya reki Usman' (Voronezhskaya oblast') [Ecological hydrogeology of the basin of the middle reaches of the Usman River (Voronezh Oblast)]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologiya = Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology*. 2001;12:197-205. (In Russ.).
3. Buyukli P.I. Tverdaya ozimaya pshenitsa [Hard winter wheat]. Kishinev: Shtiintsa; 1983. 224 p. (In Russ.).
4. Edinaya mezhvedomstvennaya informatsionno-statisticheskaya sistema (EMISS). Offitsial'nyj sajt Rosstat [Unified Interdepartmental Information and Statistical System (EMISS). Official website of Rosstat]. URL: <https://rosstat.gov.ru/emiss>. (In Russ.).
5. Ermakova N.V. Osobennosti razvitiya, formirovaniya urozhaya i kachestva zerna ozimoy tvrdoj i turgidnoj pshenitsy v lesostepi TsChR [Peculiarities of the development, yield formation and quality of winter hard and turgid wheat grain in the forest-steppe of the Central Chernozem region]: dissertatsiya ... kandidata sel'skokhozyajstvennykh nauk: 06.01.09 = Candidate Dissertation in Agricultural Sciences: 06.01.09. Voronezh, 2009. 213 p. (In Russ.).
6. Zhuchenko A.A. Strategiya adaptivnoj intensivatsii sel'skogo khozyajstva: Kontseptsiya. Gosudarstvennaya programma "Perspektivnye protsessy sel'skokhozyajstvennom proizvodstve" [Strategy of adaptive intensification of agriculture: Concept. State Program "Promising Processes of Agricultural Production"]. Pushchino: Pushchino Scientific Center of RAS. Scientific-technical Information Department; 1995. 119 p. (In Russ.).
7. Zaitseva I. Vozrozhdenie tvrdoj pshentsy. Sajt IKAR – Institut Kon'yunktury Agrarnogo Rynka. Stat'i ekspertov [Revival of durum wheat. ICAR website – Institute of Agricultural Market Conjuncture. Article by experts]. URL: <http://ikar.ru/articles/382.html>. (In Russ.).
8. Kadyrov S.V., Fedotov V.A. Tekhnologii programirovannykh urozhaev v TsChR: spravochnik [Technologies of programmed yields in the Central Chernozem Region]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2005. 544 p. (In Russ.).
9. Kayumov M.K. Programirovanie produktivnosti polevykh kul'tur: spravochnik; 2-e izd., pererab. i dop. [Field crops yield programming: guide; 2nd ed., revised and enlarged]. Moscow: Rosagropromizdat; 1989. 368 p. (In Russ.).
10. Kravets M.V., Bartenev I.I., Borzenkov S.P., Gavrin D.S. Izmenenie klimata i semenovodstvo sakharnoj svekly v TsChR. Priemy i sredstva povysheniya produktivnosti sakharnoj svekly i drugikh kul'tur sevooborota: sbornik nauchnykh trudov [Climate change and sugar beet seed production in the TsChR. Techniques and means of increasing the productivity of sugar beet and other crops in crop rotation. Collection of scientific papers. Voronezh: Voronezh Scientific and Technical Information Center - Branch of the Federal State Budgetary Institution "REA" of the Ministry of Energy of Russia; 2014:87-90. (In Russ.).
11. Maksimova E., Kulistikova T. Minsel'khoz rasschityvaet uvelichit' proizvodstvo tvrdoj pshenitsy. K 2025 godu ee urozhaj mozhет dostignut' 1,8 mln ton [The Ministry of Agriculture expects to increase hard wheat production. By 2025, its harvest may reach 1.8 million tons]. *Zhurnal "Agroinvestor" = "Agroinvestor" Journal*. January 21, 2022. URL: <https://www.agroinvestor.ru/markets/news/37398-minselkhoz-rasschityvaet-uvlichit-proizvodstvo-tverdoy-pshenitsy/>. (In Russ.).
12. Mal'chikov P.N., Myasnikova M.G. Sorta yarovoj tvrdoj pshenitsy dlya Srednevolzhskogo i Ural'skogo regionov Rossijskoj Federatsii [Varieties of spring durum wheat for the Middle Volga and Ural Regions of the Russian Federation]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*. 2015;29(10):58-62. (In Russ.).
13. Matveeva N.V. Otzyvchivost' yarovoj pshenitsy na predposevnyuyu obrabotku semyan regulyatorami rosta i mikroudobreniyami v severnoj lesostepi Tyumenskoj oblasti [The responsiveness of spring wheat to pre-sowing treatment of seeds with growth regulators and microfertilizers in the northern forest-steppe of Tyumen Oblast]: dissertatsiya ... kandidata sel'skokhozyajstvennykh nauk: 06.01.01 = Candidate Dissertation in Agricultural Sciences: 06.01.01. Tyumen; 2014. 26 p. (In Russ.).
14. Mirovoj rynek tvrdoj pshenitsy i perspektivy ego razvitiya. Tsentr selektsii rastenij "Agroliga" [Global Hard Wheat Market and Development Prospects. "Agroliga" Plant Breeding Center]. URL: https://files.sk.ru/navigator/company_files/1121664/Agroliga%20Premial'nye%20sorta%20russkogo%20duruma.pdf. (In Russ.).
15. Nichiporovich A.A., Stroganova L.E., Chmora S.N. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' rastenij v posevakh [Photosynthetic activity of plants in crop plantings]. Moscow: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR; 1961. 136 p. (In Russ.).
16. Nichiporovich A.A. Fotosintez i teoriya polucheniya vysokikh urozhaev [Photosynthesis and the theory of obtaining high yields]. Moscow: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR; 1956. 92 p. (In Russ.).
17. Podlesnykh N.V., Kadyrov S.V. Potentsial'naya urozhajnost' tvrdoj ozimoy pshenitsy i vozmozhnost' ee vozdeleyvaniya v usloviyakh TsChR [Potential yield of hard winter wheat variety and justification of possibility of its cultivation in conditions of the Central Chernozem Region]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(3):59-64. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_3_59. (In Russ.).
18. Pshenitsa tverdaya *Triticum durum* Desf. L. Reklama dlya OOO "Singenta" [Hard wheat *Triticum durum* Desf. L. Advertisement for Syngenta]. URL: https://www.pesticidy.ru/Pshenica_tverdaya. (In Russ.).

19. Pshenitsa tverdykh sortov: osobennosti proizvodstva i perspektivy [Durum wheat: production features and prospects]. *Resursosberegayushchee zemledelie = Resource-saving Agriculture*. 2018;1(37). URL: <https://agriecommission.com/base/pshenica-tverdyh-sortov>. (In Russ.).
20. Reestr selektsionnykh dostizhenij. FGBU "Gossortkomissiya" [Register of Selection Achievements. State Commission of the Russian Federation for Selection Achievements]. URL: <https://reestr.gossortrf.ru/search/>. (In Russ.).
21. Solnechnaya insolyatsiya v gorodakh Rossii i SNG. Ofitsial'nyj sayt OOO PK "ANDI Grupp" [Solar insolation in the cities of Russia and the CIS. Official website of OOO Production Company ANDI Group]. URL: <https://andi-grupp.ru/informatsiya/stati/solnechnaya-insolyatsiya-v-gorodakh-rossii/>. (In Russ.).
22. Solnechnaya radiatsiya. Tablitsy insolyatsii. Ofitsial'nyj sayt OOO "Al'tEngo" [Solar radiation. Solar tables. Official website of OOO Al'tEngo]. URL: http://net220.ru/poleznye_stati/solnechnaya_radiatsiya_tablicy_insolyatsii/. (In Russ.).
23. Travin G.N., Savenkov V.P. Adaptivnost' sortov tverdoj yarovoj pshenitsy razlichnogo geograficheskogo proiskhozhdeniya v usloviyakh Lipetskoj oblasti. Aspekty sovremennykh agrotekhnologij: sbornik nauchnykh trudov konferentsii [Adaptability of varieties of hard spring wheat of various geographical origin in the conditions of Lipetsk Oblast. Aspects of modern agricultural technologies: Collection of Scientific Papers of the Conference]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2005:30-32. (In Russ.).
24. Travin G.N. Formirovanie vysokoproduktivnykh posevov tverdoj yarovoj pshenitsy v lesostepi TsChR s ispol'zovaniem adaptivnykh sortov, udobrenij i fungitsidov [Formation of highly productive crops of hard spring wheat in the forest-steppe of the Central Chernozem Region with the use of adaptive varieties, fertilizers and fungicides]: dissertatsiya ... kandidata sel'skokhozyajstvennykh nauk: 06.01.09 = Candidate Dissertation in Agricultural Sciences: 06.01.09. Voronezh; 2007. 150 p. (In Russ.).
25. Fedotov V.A., Kadyrov S.V., Shchedrina D.I. et al. Rasteniyevodstvo Tsentral'nogo Chernozem'ya Rossii: uchebnik [Crop Production in the Central Chernozem: textbook]. Voronezh: Izdat-Chernozemie Press; 2019. 581 p. (In Russ.).
26. Fedotov V.A., Karasev G.N. Intensivnaya tekhnologiya vozdeliyvaniya ozimoy pshenitsy [Intensive technology of winter wheat cultivation]. Voronezh: Central Chernozem Publishing House; 1987. 192 p. (In Russ.).
27. Fedotov V.A., Podlesnykh N.V., Tsykalov A.N. et al. Ozimaya tverdaya i turgidnaya pshenitsa v TsChR: monografiya; pod obshchej redaktsiej prof. V.A. Fedotova [Winter hard and turgid wheat in the Central Chernozem Region: monograph; under the general editorship of prof. V.A. Fedotov]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2016. 223 p. (In Russ.).
28. Yusov V.S., Evdokimov M.G., Meshkova L.V., Glushakov D.A. Sozdanie sortov yarovoj tverdoj pshenitsy, ustojchivyykh k steblevoj rzhavchine v Zapadnoj Sibiri [Development of spring durum wheat cultivars resistant to stem rust in Western Siberia]. *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selektsii = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2021;182(2):131-138. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-2-131-138. (In Russ.).
29. Yakushkin I.V. Rasteniyevodstvo: uchebnik. 2-e izd. [Crop Production: textbook. 2nd edition]. Moscow: Sel'khozizdat; 1953. 716 p. (In Russ.).

Информация об авторах

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

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

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

Information about the authors

N.V. Podlesnykh, 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, env.05@mail.ru.

S.V. Kadyrov, 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, ksabir@yandex.ru.

V.N. Obraztsov, Doctor of Agricultural Sciences, Docent, Head of the Dept. of Soil Management, Crop Science and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, ovennn@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 23.08.2023; одобрена после рецензирования 24.09.2023; принята к публикации 26.09.2023.

The article was submitted 23.08.2023; approved after reviewing 24.09.2023; accepted for publication 26.09.2023.

© Подлесных Н.В., Кадыров С.В., Образцов В.Н., 2023

4.1.1. ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 633.11:631.84(470.32)

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_3_22

EDN: UVJTTE

**Влияние норм высева и азотного питания на показатели
качества твердой яровой пшеницы в условиях лесостепи ЦЧР**

**Сабир Вагидович Кадыров¹, Надежда Владимировна Подлесных^{2✉},
Валентина Алексеевна Задорожная³, Владимир Николаевич Образцов⁴**

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

²env.05@mail.ru✉

Аннотация. Получение высококачественного зерна сельскохозяйственных культур, в том числе и твердой яровой пшеницы, – одна из важных задач агропромышленного комплекса как Воронежской области, так и страны в целом. Резервом для решения данной проблемы является внедрение новых высокопродуктивных и высококачественных сортов, а также совершенствование технологии их выращивания. Норма высева и азотное питание – важнейшие элементы возделывания твердой яровой пшеницы. Опыт по изучению норм высева и фонов азотного питания твердой яровой пшеницы сорта Тессадур проводили на полях УНТЦ «Агротехнология» Воронежского ГАУ. Агротехнология – общепринятая в ЦЧР. Предшественник – соя. В опыте изучали 5 норм высева (2, 3, 4, 5 и 6 млн шт./га всхожих семян) и 2 фона азотного питания (N_{30} , N_{30+15}). Как показали результаты исследований, содержание белка в зерне составляло 12,0–12,9%, что соответствует 2-му и 3-му классам качества по ГОСТ 9353-2016. При повышении дозы азотных подкормок содержание белка в зерне увеличивалось, по содержанию и качеству клейковины зерно соответствовало 2-му классу. Лучшим по содержанию клейковины был вариант с нормой высева 4 млн шт./га всхожих семян на фоне N_{45} (27,3%). По показателям «Натура зерна» и «Стекловидность» зерно соответствовало 1-му классу качества на всех вариантах опыта (ГОСТ 9353-2016). Наибольшая масса 1000 зерен была на варианте с нормой высева 2 млн шт./га всхожих семян как при внесении N_{30} (56,93 г), так и N_{45} (57,6 г). Выявлена сильная положительная линейная корреляция между содержанием белка и ИДК ($r = 0,829$). Остальные корреляционные зависимости были слабее или практически отсутствовали.

Ключевые слова: твердая яровая пшеница, белок, клейковина, ИДК, натура зерна, масса 1000 зерен, стекловидность

Для цитирования: Кадыров С.В., Подлесных Н.В., Задорожная В.А., Образцов В.Н. Влияние норм высева и азотного питания на показатели качества твердой яровой пшеницы в условиях лесостепи ЦЧР // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 3(78). С. 22–28. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_22–28.

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

Original article

**Effect of seeding rate and nitrogenous nutrition on quality
parameters of hard spring wheat in the conditions
of the forest-steppe of the Central Chernozem Region**

**Sabir V. Kadyrov¹, Nadezhda V. Podlesnykh^{2✉},
Valentina A. Zadorozhnaya³, Vladimir N. Obratsov⁴**

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

²env.05@mail.ru✉

Abstract. Obtaining high-quality grain of agricultural crops, including hard spring wheat, is one of the important tasks of the Agro-Industrial Complex of both Voronezh Oblast and Russia as a whole. The reserve for solving this problem is the implementation of new highly productive and high-quality cultivars, as well as the improvement of technology of their cultivation. Seeding rates and nitrogenous nutrition are among the key elements of cultivation of hard spring wheat. The authors have conducted the experiments in order to study the seeding rates and the backgrounds of nitrogenous nutrition of hard spring wheat of the Tessadur variety in the fields of the “Agrotechnology” Educational Research and Technological Center of Voronezh State Agrarian University. The applied agrotechnology was conventional for the Central Chernozem Region. The preceding crop was soybean. The experiment included 5 seeding rates (2; 3; 4; 5 and 6 million pieces of germinable seeds per 1 hectare) and 2 backgrounds of nitrogenous nutrition (N_{30} , N_{30+15}). The results of research showed the protein content ranging from 12.0 to 12.9%, which corresponds to quality class 2 and 3 according to GOST 9353-2016. An increase in the dose of nitrogen feeds increased the protein content in the grain, while in terms of gluten content and quality the grain corresponded to class 2. In terms of gluten content the best variant

was that with the seeding rate of 4 million seeds per 1 hectare with the background of N₄₅ (27.3%). In terms of grain unit and vitreousness the grain corresponded to quality class 1 (GOST 9353-2016) in all experimental variants. The highest values of thousand (1000) kernel weight were obtained in the variant with the seeding rate of 2 million germinable seeds per 1 ha with the application of either N₃₀ (56.93 g) or N₄₅ (57.6 g). Correlation analysis revealed a strong positive linear correlation between protein content and gluten deformation index (GDI; $r = 0.829$). Other correlations were less prominent or practically negligible.

Key words: hard spring wheat, protein, gluten, GDI, grain unit, thousand (1000) kernel weight, vitreousness

For citation: Kadyrov S.V., Podlesnykh N.V., Zadorozhnaya V.A., Obraztsov V.N. Effect of seeding rate and nitrogenous nutrition on quality parameters of hard spring wheat in the conditions of forest-steppe of the Central Chernozem Region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(3):22-28. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_22-28.

Введение

Одна из ключевых задач агропромышленного комплекса Воронежской области заключается в повышении продуктивности продовольственной яровой пшеницы и улучшении ее качества. Основным резервом для решения данной проблемы является внедрение новых высокопродуктивных и высококачественных сортов, а также совершенствование технологии их выращивания.

Норма высева – это один из ключевых элементов технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Оптимальная норма высева зависит от многих факторов, включая вид культуры, климатические условия, тип почвы и цель производства (например, выращивание на продовольственные цели или для продажи семян) [2, 7, 15].

Слишком высокая плотность посева приводит к конкурированию растений друг с другом за доступ к питательным веществам, воде и солнечному свету, создает стрессовые условия. Это может привести к тому, что растения становятся более слабыми и менее способными к борьбе с болезнями и вредителями. В результате урожайность и качество зерна могут ухудшиться.

Более низкая норма высева может способствовать формированию крупных и здоровых зерен. Растения, которые имеют больше места для роста и развития, часто производят более крупные и качественные зерна [15, 16, 18].

Норма высева в значительной степени зависит от морфобиологических особенностей сорта и региона возделывания. Многие ученые в нашей стране изучали проблему выбора оптимальных норм высева. По данным ученых Волгоградского ГСХА В.М. Иванова и С.А. Чернуха, в засушливых условиях Заволжья оптимальной нормой высева при возделывании мягкой яровой пшеницы сортов Альбидум 29 и Альбидум 32 является 2 млн шт./га всхожих семян [9]. В исследованиях М.М. Донгака в условиях Республики Тыва отмечали более высокую стекловидность и натуру зерна сортов Алтайская 75 и Новосибирская 31 при посеве с нормой высева 3,5–4,5 млн шт./га всхожих семян [5]. В условиях серо-лесных почв Волго-Вятского региона мягкая пшеница формирует высококачественное зерно при норме высева 6 млн шт./га [1]. В условиях Смоленской области наиболее высокие физико-химические, технологические и хлебопекарные качества получены при раннем сроке посева с оптимальными нормами высева 7–8 млн шт./га всхожих семян [10]. Для степной зоны Западного Забайкалья на черноземной почве лучшая урожайность яровой пшеницы сорта Лютесценс 937 отмечена при норме высева 5–6 млн шт./га семян при сроке посева с 15 по 20 мая [17].

Азотное питание яровой пшеницы также играет важную роль в ее росте и развитии, поскольку азот является одним из основных макроэлементов, необходимых растению на протяжении всего периода вегетации, и эффективным средством управления качеством зерна пшеницы. Характерно его прямое включение в биоценоз азотфиксирующих веществ, под его действием изменяется активность ферментных систем, регулирующих биоценоз, и отложение веществ в запас, что определяет качество урожая [8]. По мнению ученых Белорусского института почвоведения и агрохимии, формирование зерна с содержанием сырого белка более 13% и клейковины более 28% происходит при условии содержания общего азота в фазе колошения более 1,6% и в фазе молочной спелости – более 1,0% [11].

Некоторые ученые в своих работах также отмечают положительное влияние азотного питания на содержание белка и клейковины в зерне яровой пшеницы [4, 12, 13].

Правильно выбранная норма высева и азотное питание дают возможность оптимального расходования таких ресурсов, как семена, удобрения, вода и свет. Это позволяет сельскохозяйственным производителям максимально использовать ресурсы и снижать затраты.

Условия и методика проведения исследований

Исследования по изучению норм высева и фонов азотного питания твердой яровой пшеницы сорта Тессадур [14] проводились на полях УНТЦ «Агротехнология» в соответствии с планом научных работ Воронежского ГАУ.

Агротехнология – общепринятая в ЦЧР. Предшественник яровой твердой пшеницы – соя. Под вспашку вносили 2 ц амофоски.

Посев производили обычным рядовым способом на глубину 5 ± 1 см селекционной сеялкой ССН-7. Азотные подкормки проводили в фазе кущения N_{30} и в фазе трубкования N_{15} .

Убирали яровую твердую пшеницу в фазе полной спелости прямым комбайнированием селекционным комбайном.

Размер делянок – 35 м^2 , размещение делянок – систематическое в один ярус, повторность – 3-кратная.

Почвы опытного участка – чернозем выщелоченный, среднесуглинистый. Содержание гумуса – 4,5–5,5% (по Тюрину), уровень рН – от 5,1 до 5,7, сумма поглощенных оснований – от 21,3 до 22,2 мг-экв/100 г почвы, степень насыщенности основаниями – 86–90%. Содержание подвижного фосфора и обменного калия – соответственно 120–140 и 140–175 мг/кг почвы (по Чирикову).

В полевом опыте изучали 5 норм высева – 2, 3, 4, 5 и 6 млн шт./га всхожих семян и 2 фона азотного питания – N_{30} и N_{30+15} .

Статистическая обработка материалов осуществлялась с помощью ПК по методике Б.А. Доспехова [6].

Результаты и их обсуждение

Качество зерна яровой пшеницы, которое зависит от многих факторов: сорта, климатических и почвенных условий, уровня агротехники и др., оценивают по ряду показателей (содержание в зерне белка и клейковины, ИДК, натура зерна, масса 1000 зерен, стекловидность). Результаты исследований по влиянию норм высева и фонов азотного питания на качество зерна твердой яровой пшеницы представлены в таблице 1.

Таблица 1. Физико-химические показатели качества зерна твердой яровой пшеницы

№ п/п	Вариант	Белок, %	Клейковина, %	ИДК	Натура, зерна г/л	Масса 1000 зерен, г	Стекловидность, %
1	2 млн N_{30}	12,8	26,5	85,6	803	56,92	95
2	2 млн N_{45}	12,8	25,0	88,5	797	57,60	95
3	3 млн N_{30}	12,4	25,4	81,0	805	51,90	95
4	3 млн N_{45}	12,9	25,0	87,2	809	52,54	96
5	4 млн N_{30}	12,5	25,7	85,7	810	53,46	94
6	4 млн N_{45}	12,9	27,3	88,4	798	54,51	95
7	5 млн N_{30}	12,0	26,0	85,8	806	56,72	88
8	5 млн N_{45}	12,4	25,9	79,8	803	52,93	93
9	6 млн N_{30}	12,3	25,6	85,0	810	54,48	93
10	6 млн N_{45}	12,3	26,2	84,9	808	52,80	97

Содержание белка варьировало от 12,0 до 12,9%, что соответствует 2-му и 3-му классам качества по ГОСТ 9353-2016. Больше его содержание было на разреженных посевах с нормами высева от 2 до 4 млн шт./га всхожих семян. При повышении дозы азотных подкормок с N₃₀ до N₄₅ количество белка в зерне увеличивалось на вариантах с нормой высева 3, 4 и 5 млн всх. семян на 1 га соответственно на 0,5, 0,4 и 0,4%.

На изучаемых вариантах опыта количество сырой клейковины было не ниже 25%, но наибольшее ее содержание зафиксировано при норме высева 4 млн всх. семян на 1 га на фоне N₄₅ (27,3%) и при норме высева 2 млн всх. семян на 1 га на фоне N₃₀ (26,5%). В соответствии с ГОСТ 9353-2016 [3] по содержанию и качеству клейковины все полученное продовольственное зерно соответствовало 2-му классу.

На всех изучаемых вариантах опыта натура зерна была не менее 770 г/л, а стекловидность – не менее 85%, что соответствует 1-му классу качества (ГОСТ 9353-2016). По показателю «Натура зерна» максимальные значения отмечены при нормах высева 4 и 6 млн шт./га на фоне внесения N₃₀ (810 г/л), по показателю «Стековидность» – при норме высева 6 млн шт./га на фоне внесения N₄₅ (97%).

Масса 1000 зерен используется в агрономии для оценки размера и веса отдельных зерен. Наиболее крупное зерно было на варианте с нормой высева 2 млн всх. семян на 1 га как на минеральном фоне N₃₀ (56,93 г), так и на фоне N₄₅ (57,6 г).

Показатели качества зерна находятся в определенной зависимости между собой. Для определения степени связи между двумя показателями использовали коэффициент корреляции Пирсона (табл. 2), который рассчитывается по следующей формуле:

$$r = \frac{\sum(X_i - X_{cp})(Y_i - Y_{cp})}{\sqrt{\sum(X_i - X_{cp})^2 \sum(Y_i - Y_{cp})^2}}$$

где X_i и Y_i – значение переменных X и Y ;

X_{cp} и Y_{cp} – средние значения переменных X и Y .

Таблица 2. Значения коэффициента корреляции Пирсона между показателями качества зерна яровой твердой пшеницы

№ п/п	Вариант	Белок, %	Клейковина, %	ИДК	Натура зерна, г/л	Масса 1000 зерен, г	Стековидность, %
1	Белок, %	x	-0,617	0,829	-0,336	0,292	-0,046
2	Клейковина, %	-0,617	x	0,248	-0,535	-0,048	0,228
3	ИДК	0,829	0,248	x	-0,437	0,056	-0,016
4	Натура зерна, г/л	-0,336	-0,535	-0,437	x	-0,743	-0,562
5	Масса 1000 семян, г	0,292	-0,048	0,056	-0,743	x	-0,007
6	Стековидность, %	-0,046	0,228	-0,016	-0,562	-0,007	x

В соответствии с данными таблицы 2, коэффициент корреляции указывает на умеренную отрицательную линейную корреляцию между показателями «Белок» и «Клейковина», это означает, что, скорее всего, при увеличении содержания белка в яровой пшенице содержание клейковины обычно снижается и наоборот.

Коэффициент Пирсона между показателями «Белок» и «ИДК» приблизительно равен 0,829, что указывает на сильную положительную линейную корреляцию. Это означает, что при увеличении содержания белка в яровой пшенице обычно увеличивается и ИДК.

Линейная корреляционная зависимость между параметрами «Белок» и «Натура зерна» умеренно отрицательная, следовательно, при увеличении содержания белка в яровой пшенице натура зерна обычно снижается и наоборот.

Коэффициент корреляции Пирсона между такими параметрами, как «Белок» и «Масса 1000 зерен» составляет приблизительно 0,292, что указывает на слабую положительную линейную корреляцию. Это означает, что обычно, при увеличении содержания белка в яровой пшенице масса 1000 зерен также может увеличиваться, хотя связь не очень сильная.

Анализ корреляции между парами показателей качества «Белок» и «Стекловидность», «Клейковина» и «Масса 1000 зерен», «Масса 1000 зерен» и «Стекловидность» показал очень слабую отрицательную зависимость. Связь между этими параметрами практически отсутствует, и изменения в содержании одного показателя качества из пары не имеют сильного влияния на другой показатель из этой же пары.

Коэффициент между показателями «Клейковина» и «ИДК» указывает на очень слабую положительную линейную корреляцию. Это означает, что связь между этими двумя параметрами практически отсутствует, и изменения в содержании клейковины не имеют сильного влияния на ИДК.

Проведенный анализ также указывает на умеренную отрицательную линейную корреляцию между показателями «Клейковина» и «Натура». Это означает, что, скорее всего, при увеличении содержания клейковины в яровой пшенице натура зерна обычно снижается и наоборот.

Линейная корреляционная зависимость между параметрами «Клейковина» и «Стекловидность» слабая положительная. Это означает, что, скорее всего, при увеличении содержания клейковины в яровой пшенице стекловидность зерна также может увеличиваться, хотя связь не очень сильная.

Коэффициент корреляции Пирсона для показателей «ИДК» и «Натура зерна» составляет примерно $-0,437$, что указывает на умеренную отрицательную линейную корреляцию. Это означает, что, скорее всего, при увеличении ИДК натура зерна обычно снижается и наоборот.

Анализ корреляции между параметрами «ИДК» и «Масса 1000 зерен» указывает на очень слабую положительную линейную корреляцию, а между параметрами «ИДК» и «Стекловидность» – на очень слабую отрицательную линейную корреляцию. Связь между этими параметрами практически отсутствует, и изменения в ИДК не имеют сильного влияния ни на массу 1000 семян, ни на стекловидность зерна.

Коэффициент корреляции Пирсона для параметров «Натура зерна» и «Масса 1000 зерен», а также для параметров «Натура зерна» и «Стекловидность» указывает на умеренную отрицательную линейную корреляцию. Это означает, что, скорее всего, при увеличении натуры зерна масса 1000 зерен и стекловидность обычно снижаются и наоборот.

Выводы

На основании исследований, проведенных в условиях лесостепи ЦЧР, можно сделать следующие предварительные выводы:

- большее содержание белка формируется в разряженных посевах яровой пшеницы с нормой высева 2, 3 и 4 млн шт./га всхожих семян, по сравнению с более уплотненными посевами. При повышении дозы азотных подкормок с N_{30} до N_{45} количество белка в зерне увеличивалось на 0,4–0,5%;

- в соответствии с ГОСТ 9353-2016 по содержанию и качеству клейковины все полученное продовольственное зерно соответствует 2-му классу. По содержанию клейковины лучшим был вариант с нормой высева 4 млн шт./га на фоне N_{45} (27,3%);

- показатели качества «Натура зерна» и «Стекловидность» соответствовали 1-му классу качества на всех вариантах опыта (ГОСТ 9353-2016);

- лучшим показателем «Масса 1000 зерен» был на варианте с нормой высева 2 млн всх. семян на 1 га как на фоне внесения N_{30} (56,93 г), так и N_{45} (57,6 г).

Анализ выявил сильную положительную линейную корреляцию между показателями «Белок» и «ИДК» ($r = 0,829$). Остальные корреляционные зависимости были слабее или практически отсутствовали.

Список источников

1. Ашаева О.В. Влияние норм высева и доз удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы на светло-серых лесных почвах Волго-Вятского региона: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09. Нижний Новгород, 2000. 237 с.
2. Буюкли П.И. Твердая озимая пшеница. Кишинев: Штиинца, 1983. 224 с.
3. ГОСТ 9353-2016. Пшеница. Технические условия. Москва: Стандартинформ, 2016. 11 с.
4. Демиденко Г.А., Котенева Е.В. Влияние азотных удобрений на качество зерна и урожайность яровой пшеницы (на примере учхоза «Миндерлинское», Красноярского края) // Вестник КрасГАУ. 2010. № 5. С. 41–45.
5. Донгак М.М. Влияние на качество зерна яровой пшеницы норм высева и сроков посева в условиях лесостепной зоны республики Тыва // Вестник КрасГАУ. 2022. № 11. С. 47–53. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-11-47-53.
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. Ермакова Н.В. Особенности развития, формирования урожая и качества зерна озимой твердой и тургидной пшеницы в лесостепи ЦЧР: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09. Воронеж, 2009. 213 с.
8. Завалин А.А., Соколов О.А. Азот и качество пшеницы // Плодородие. 2018. № 1. С. 14–17.
9. Иванов В.М., Чернуха С.А. Влияние норм высева и физиологически активных веществ на урожайность, качество зерна и семян яровой пшеницы в Волгоградском Заволжье // Аграрный вестник Урала. 2010. № 4(70). С. 74–76.
10. Князева С.М. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы в зависимости от сроков посева, норм высева и уровня азотного питания: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09. Смоленск, 1999. 156 с.
11. Кулеш О.Г., Мезенцев Е.Г., Семенов Н.Н., Симанков О.В. Диагностика азотного питания яровой пшеницы на высококультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Почвоведение и агрохимия. 2021. № 1(66). С. 60–72.
12. Нестеренко В.А. Формирование урожая и качества яровой пшеницы в зависимости от доз азотных удобрений и содержания подвижного фосфора в дерново-подзолистой почве: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04. Москва, 2021. 131 с.
13. Пискунова Х.А., Федорова А.В. Влияние азотного удобрения на урожайность и качество продовольственного зерна яровой пшеницы // Вестник АПК Верхневолжья. 2018. № 3(43). С. 14–17.
14. Реестр селекционных достижений [Электронный ресурс] // ФГБУ «Госсорткомиссия». URL: <https://reestr.gossortfr.ru/search/> (дата обращения: 16.05.2023).
15. Федотов В.А., Кадыров С.В., Щедрина Д.И. и др. Растениеводство Центрального Черноземья России: учебник. Воронеж: ООО «Издательство «Черноземье», 2019. 581 с.
16. Федотов В.А., Карасев Г.Н. Интенсивная технология возделывания озимой пшеницы. Воронеж: Центрально-Черноземное книжное издательство, 1987. 192 с.
17. Цыдыпов Б.С., Соболев В.А., Батудаев А.П. Влияние гидротермического коэффициента на урожайность зерна яровой пшеницы при различных сроках посева и норм высева зерна на черноземной почве в степной зоне Бурятии // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова. 2022. № 4(69). С. 32–39. DOI: 10.34655/bgsha.2022.69.4.004.
18. Якушкин И.В. Растениеводство: учебник. 2-е изд. Москва: Сельхозиздат, 1953. 716 с.

References

1. Ashaeva O.V. Vliyanie norm vyseva i doz udobrenij na urozhajnost' i kachestvo zerna yarovoj pshe-nitsy na svetlo-serykh lesnykh pochvakh Volgo-Vyatskogo regiona [Influence of sowing standards and fertilizer doses on yield and quality of spring wheat grain on light gray forest soils of Volga-Vyatka region]: dissertatsiya ... kandidata sel'skokhozyajstvennykh nauk: 06.01.09 = Candidate Dissertation in Agricultural Sciences: 06.01.09. Nizhny Novgorod, 2000. 237 p. (In Russ.).
2. Buyukli P.I. Tverdaya ozimaya pshenitsa [Hard winter wheat]. Kishinev: Shtiintsa, 1983. 224 p. (In Russ.).
3. GOST 9353-2016. Pshenitsa. Tekhnicheskie usloviya [Wheat. Specifications]. Moscow: Standartinform Press; 2016. 11 p. (In Russ.).
4. Demidenko G.A., Koteneva E.V. Vliyanie azotnykh udobrenij na kachestvo zerna i urozhajnost' yarovoj pshe-nitsy (na primere uchkhoza "Minderlinskoe" Krasnoyarskogo kraja) [Nitric fertilizer application for crop rotations in Emelyanov area of Krasnoyarsk region]. *Vestnik KrasGAU = Bulletin of KrasGAU*. 2010;5:41-45. (In Russ.).
5. Dongak M.M. Vliyanie na kachestvo zerna yarovoj pshe-nitsy norm vyseva i srokov poseva v uslovi-yakh lesostepnoj zony respubliky Tyva [Seeding rates and sowing time influence on the spring wheat grain quality in the Tyva forest-steppe zone conditions]. *Vestnik KrasGAU = Bulletin of KrasGAU*. 2022;11:47-53. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-11-47-53. (In Russ.).
6. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledo-vaniy): 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. 5th ed., revised and enlarged]. Moscow: Agropromizdat; 1985. 351 p. (In Russ.).
7. Ermakova N.V. Osobennosti razvitiya, formirovaniya urozhaya i kachestva zerna ozimoy tvrdoj tur-gidnoj pshe-nitsy v lesostepi CChR [Peculiarities of the development, yield formation and quality of winter hard and turgid wheat grain in the forest-steppe of the Central Chernozem region]: dissertatsiya ... kandidata sel'skokhozyajstvennykh nauk: 06.01.09 = Candidate Dissertation in Agricultural Sciences: 06.01.09. Voronezh; 2009. 213 p. (In Russ.).
8. Zavalin A.A., Sokolov O.A. Azot i kachestvo pshe-nitsy [Nitrogen and quality of wheat grain]. *Plodorodie = Fertility*. 2018;1:14-17. (In Russ.).

9. Ivanov V.M., Chernukha S.A. Vliyanie norm vyseva i fiziologicheski aktivnykh veshchestv na urozhajnost', kachestvo zerna i semyan yarovoj pshenitsy v Volgogradskom Zavolzhie [Influence of seeding standards and physiologically active substances on the yield, quality of grain and seeds of spring wheat in Volgograd Volga region]. *Agrarnyj vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*. 2010;4(70):74-76. (In Russ.).

10. Knyazeva S.M. Urozhajnost' i kachestvo zerna yarovoj pshenitsy v zavisimosti ot srokov poseva, norm vyseva i urovnya azotnogo pitaniya [Yield and quality of spring wheat grain depending on the timing of sowing, sowing standards and the level of nitrogen nutrition]: dissertatsiya ... kandidata sel'skokhozyajstvennykh nauk: 06.01.09 = Candidate Dissertation in Agricultural Sciences: 06.01.09. Smolensk; 1999. 156 p. (In Russ.).

11. Kulesh O.G., Mezentsev E.G., Semenenko N.N. et al. Diagnostika azotnogo pitaniya yarovoj pshe-nitsy na vysokookul'turennoj dernovo-podzolistoj legkosuglinistoj pochve [Diagnostics of nitrogen nutrition of spring wheat on highly cultivated sod-podzolic light loamy soil]. *Pochvovedenie i agrokhimiya = Soil Science and Agrochemistry*. 2021;1(66):60-72. (In Russ.).

12. Nesterenko V.A. Formirovanie urozhaya i kachestva yarovoj pshenitsy v zavisimosti ot doz azotnykh udobrenij i sodержaniya podvizhnogo fosfora v dernovo-podzolistoj pochve [Formation of crop and quality of spring wheat depending on doses of nitrogen fertilizers and content of mobile phosphorus in sod-podzolic soil]: dissertatsiya ... kandidata sel'skokhozyajstvennykh nauk: 06.01.04 = Candidate Dissertation in Agricultural Sciences: 06.01.04. Moscow; 2021. 131 p. (In Russ.).

13. Piskunova H.A., Fedorova A.V. Vliyanie azotnogo udobreniya na urozhajnost' i kachestvo prodol'stvennogo zerna yarovoj pshenitsy [The influence of nitrogen fertilizer on the yield and quality of spring wheat food grain]. *Vestnik APK Verkhnevolzh'ya = Bulletin of the Agro-Industrial Complex of the Upper Volga region*. 2018;3(43):14-17. (In Russ.).

14. Reestr selektsionnykh dostizhenij. FGBU «Gossortkomissiya» [Register of Selection Achievements. State Commission of the Russian Federation for Selection Achievements]. URL: <https://reestr.gossortrf.ru/search/>. (In Russ.).

15. Fedotov V.A., Kadyrov S.V., Shchedrina D.I. et al. Rasteniyevodstvo Tsentral'nogo Chernozem'ya Rossii: uchebnik [Crop Production in the Central Chernozem: textbook]. Voronezh: Izdat-Chernozemie; 2019. 581 p. (In Russ.).

16. Fedotov V.A., Karasev G.N. Intensivnaya tekhnologiya vozdel'yvaniya ozimoy pshenitsy [Intensive technology of winter wheat cultivation]. Voronezh: Central Chernozem Publishing House; 1987. 192 p. (In Russ.).

17. Tsydygov B.S., Sobolev V.A., Batudaev A.P. Vliyanie gidrotermicheskogo koeffitsienta na urozhajnost' zerna yarovoj pshenitsy pri razlichnykh srokkakh poseva i norm vyseva zerna na chernozemnoj pochve v stepnoj zone Buryatii [Influence of the hydrothermal coefficient on the grain yield of spring wheat at different sowing dates and seeding rates on chernozem soil in the steppe zone of Buryatia]. *Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skokozyajstvennoj akademii imeni V.R. Filippova = Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov*. 2022;4(69):32-39. DOI: 10.34655/bgsha.2022.69.4.004. (In Russ.).

18. Yakushkin I.V. Rasteniyevodstvo: uchebnik. 2-e izd. [Crop Production: textbook. 2nd edition]. Moscow: Sel'khozizdat, 1953. 716 p. (In Russ.).

Информация об авторах

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

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

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

В.Н. Образцов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», ovenenn@mail.ru.

Information about the authors

S.V. Kadyrov, 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, ksabir@yandex.ru.

N.V. Podlesnykh, 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, env.05@mail.ru.

V.A. Zadorozhnaya, 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, valyaz2015@mail.ru.

V.N. Obratsov, 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, ovenenn@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 23.08.2023; одобрена после рецензирования 24.09.2023; принята к публикации 26.09.2023.

The article was submitted 23.08.2023; approved after reviewing 24.09.2023; accepted for publication 26.09.2023.

© Кадыров С.В., Подлесных Н.В., Задорожная В.А., Образцов В.Н., 2023

4.1.1. ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 633.111; 633.161

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_3_29

EDN: QHTCEY

Влияние спектрального состава света на накопление фотосинтетических пигментов и урожайность зерновых культур при выращивании в контролируемых условиях**Алексей Семёнович Дорохов¹, Владимир Валентинович Пыльнев², Наталья Александровна Семенова³, Мария Сергеевна Широкова⁴, Нарек Овикович Чилингарян⁵**^{1, 3, 4, 5}Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия²Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия⁵narek-s@list.ru

Аннотация. В соответствии с утвержденной Доктриной продовольственной безопасности РФ отечественное семеноводство должно обеспечить семенами не менее 75% российского рынка, и по многим зерновым культурам этот показатель уже превышает установленный минимум. Однако до сих пор существует комплекс проблем в селекции и семеноводстве таких важных продовольственных культур, как сахарная свекла, подсолнечник, картофель, кукуруза, ячмень и др. Для интенсификации селекционного процесса необходимо внедрение новейших технологий и специальных средств, что позволяет существенно сократить срок создания новых гибридов обеспечивающих получение нескольких поколений гибридных популяций и родительских линий гибридов в год. В контролируемых условиях выращивания существует техническая возможность досветки растений посредством использования различных осветительных приборов. В климатической камере, разработанной в ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», в 2022 г. были проведены исследования с целью изучения влияния спектрального состава света на урожайность яровой пшеницы и ячменя. Эксперимент был проведен при 3 вариантах освещения – В15G40R40FR5 (В1 – контроль), В22G11R49FR18 (В2) и В16G18R51FR15 (В3). Концентрация фотосинтетических пигментов растений пшеницы в фазе выхода в трубку была выше, чем у ячменя на протяжении всего опыта. У пшеницы отношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* находилось в пределах нормы для периода активной вегетации, а ячмень испытывал стресс от недостатка освещенности. Все варианты освещения, используемые в опыте, пригодны для получения семян пшеницы с кондиционной всхожестью на уровне 95,7–97,7%. Лучшим для пшеницы было освещение по варианту В2 (В22G11R49FR18) с наибольшей долей синего и дальнего красного облучения. Варианты освещения В1 и В2, используемые в опыте, пригодны для получения зерен ячменя, отличающихся высокой всхожестью (на уровне 92–93%). Лучшим для ячменя было освещение по варианту В3 (В16G18R51FR15).

Ключевые слова: зерновые культуры, пшеница, ячмень, фотосинтетические пигменты, спектральный состав, климатическая камера, фитотрон

Для цитирования: Дорохов А.С., Пыльнев В.В., Семенова Н.А., Широкова М.С., Чилингарян Н.О. Влияние спектрального состава света на накопление фотосинтетических пигментов и урожайность зерновых культур при выращивании в контролируемых условиях // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 3(78). С. 29–41. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_29–41.

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

Original article

Effect of spectral composition of light on the accumulation of photosynthetic pigments and yield of grain crops grown in controlled conditions**Aleksey S. Dorokhov¹, Vladimir V. Pylnev², Natalya A. Semenova³, Maria S. Shirokova⁴, Narek O. Chilingaryan⁵**^{1, 3, 4, 5}Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia²Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, Russia⁵narek-s@list.ru

Abstract. In accordance with the approved Doctrine of Food Security of the Russian Federation, domestic seed production should provide at least 75% of the Russian market with seeds, and for many grain crops this indicator already exceeds the established minimum. However, there is still a complex of problems in the breeding and seed production of such important food crops as sugar beet, sunflower, potatoes, corn, barley, etc. Intensification of

selective breeding of plants is of great importance, since there are still problems with in-country selection and seed production of some crops. This requires the implementation of innovative technologies and special means that allow obtaining several generations per year, which will significantly reduce the time for creating new varieties. In 2022 the authors performed a research in a climate chamber developed by the Federal Scientific Agro-engineering Center VIM. The objective of research was to study the effect of spectral composition of light on the yield of spring wheat and barley and to evaluate the accumulation of photosynthetic pigments in grain crops grown in a climate chamber. The experiment included 3 lighting variants: B15G40R40FR5 (V1; control), B22G11R49FR18 (V2), and B16G18R51FR15 (V3). The concentration of photosynthetic pigments in wheat plants in the booting stage was higher than that of barley throughout the whole experiment. Chlorophyll *a/b* ratio in wheat was within the normal limits for the active growing season, whereas barley was stressed by lack of light. It has been found that all experimental lighting variants can be used to produce wheat seeds with standard germinability of 95.7-97.7%. The best lighting variant for wheat was V2 (B22G11R49FR18) with the highest proportion of blue and far-red radiation. V1 and V2 lighting variants used in the experiment are suitable for obtaining barley grains with high germinability (92-93%). The best lighting variant for barley was V3 (B16G18R51FR15).

Key words: grain crops, wheat, barley, photosynthetic pigments, spectral composition, climate chamber, phytotron

For citation: Dorokhov A.S., Pylnev V.V., Semenova N.A., Shirokova M.S., Chilingaryan N.O. Effect of spectral composition of light on the accumulation of photosynthetic pigments and yield of grain crops grown in controlled conditions. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(3):29-41. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_29-41.

Введение

Импортозамещение в сфере производства семян сельскохозяйственных культур в условиях кризиса в мировой экономике и введенных против Российской Федерации санкций приобретает особую актуальность. В соответствии с утвержденной Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации отечественное семеноводство должно обеспечить семенами не менее 75% российского рынка, и по многим зерновым культурам этот показатель уже превышает установленный минимум [5]. Однако до сих пор существует комплекс проблем в селекции и семеноводстве таких важных для страны продовольственных культур, как сахарная свекла, подсолнечник, картофель, кукуруза, ячмень, рапс, овощные культуры закрытого грунта.

Для интенсификации селекционного процесса необходимо внедрение новейших технологий и технических средств, обеспечивающих получение нескольких поколений гибридных популяций и родительских линий гибридов. Для этого целесообразно использовать соответствующее оборудование, в частности климатические камеры (фитотроны) и современные теплицы, позволяющие получать несколько поколений в год, что дает возможность существенно сократить срок создания новых гибридов. В контролируемых условиях выращивания существует техническая возможность досветки растений посредством использования различных осветительных приборов.

Использование многоканальных светодиодных светильников, пофазно меняющих спектр света, позволяет:

- воздействовать на прорастание, снижая или повышая долю дальнего красного (FR) и зеленого (G) спектра света;
- усиливать активный рост растений, увеличивая долю красного (R) и зеленого спектра;
- регулировать размер листьев и стебля, а также активировать процессы плодоношения, изменяя долю синего (B) спектра.

Увеличением или уменьшением длины светового дня также можно стимулировать переход к генеративной фазе развития растений.

В селекционном фитотроне можно имитировать типичную динамику лимитирующих факторов для любой географической точки Земли [4], при этом время испытаний можно сократить до четырех месяцев. Использование фитотронов и климатических камер позволяет моделировать различные условия среды для селекционных оценок. Конечно, это не исключает проведение полевых испытаний, но позволяет создавать необходимый провокационный фон для получения необходимых данных, что не всегда воз-

можно при естественных условиях выращивания. Климатические камеры и теплицы позволяют также ускорить селекционный процесс за счет получения F₂ и более поздних (F₅ ... F_n) поколений для отбора.

Производство LED-светильников внесло большой вклад в развитие светокультуры. Исследователи со всего мира изучали и продолжают изучать воздействие различных длин световых волн на качественные и количественные характеристики растений.

Рядом исследователей было установлено, что излучение R-диапазона стимулирует рост и развитие зеленой и корневой частей проростков пшеницы в отличие от использования белого и синего диапазона освещения [1, 6].

Опубликованы результаты исследований, проведенных с использованием красных LED-светильников и флюоресцентных ламп дневного света с дополнительным облучением 1% или 10% синего спектра света от флюоресцентных ламп, которые показали противоположный эффект. Растения под LED-освещением R-диапазона спектра отставали в росте, но имели более длинные кроющие листья и главный стебель, а добавление синего спектра стимулировало накопление сухой массы и увеличивало скорость фотосинтеза [9].

Также опубликованы данные, подтверждающие, что R-диапазон облучения стимулирует прорастание и за счет этого в 2,5 раза ускоряется появление первого листа [11]. Под воздействием R-облучения в листьях проростков синтезируется больше углеводов, а B-облучения – больше белков [1, 7].

В экспериментах некоторых исследователей урожайность и продуктивная кустиность пшеницы, выращенной под воздействием R-светодиодов, была меньше, чем под белым спектром освещения, а добавление к R-освещению 10% B-диапазона от флюоресцентных ламп позволило выровнять показатели сухой массы и урожайности семян пшеницы по сравнению с вариантом выращивания при использовании белого света [9].

Большинство современных исследований сосредоточено на изучении наиболее популярных и энергоэффективных RB-светодиодов, так как спектры их излучения хорошо совпадают со спектрами поглощения основных фотосинтетических пигментов [15, 17]. Тем не менее доказано, что G-спектр также необходим растениям для предотвращения ингибирования генеративного развития [9, 10] и стимуляции роста листовой поверхности растений за счет усиления фотосинтеза нижних листьев [10, 12, 14, 20]. При этом доля G-облучения в общем PPF не должна превышать 50% [13]. Также отмечается, что дополнительное освещение растений G- и FR-светом способно увеличить сырую массу зеленых культур [16].

При выращивании злаковых в условиях полной светокультуры было установлено, что наиболее чувствительными к спектральному составу света являются растения ячменя, растения пшеницы – среднечувствительны, растения овса – наименее чувствительны [19].

Рекомендованы следующие оптимальные соотношения:

- R : B – 3 : 1 или 4 : 1;
- R : G – 3 : 5;
- R : Y (желтый) – 3 : 1 [19].

Целью представленного исследования являлось изучение влияния спектрального состава света на урожайность зерновых культур на примере ячменя и яровой пшеницы, а также оценка стрессового состояния этих культур по содержанию фотосинтетических пигментов при выращивании в климатических камерах (фитотронах).

Материалы и методы

Исследования проводили в лаборатории «Исследования технологических свойств сельскохозяйственных материалов» отдела «Закрытые искусственные агроэко-системы» ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (г. Москва) в период с мая по август 2022 г.

Объекты исследований

Пшеница мягкая яровая (*Triticum aestivum* L.) сорта Любава, разновидность *Lutescens* – среднеспелый сорт, вегетационный период составляет 70–86 дней, куст полупрямостоячий, растение среднерослое, содержание сырого протеина в зерне – 14,0–14,7%, масса 1000 зерен – 31–42 г.

Ячмень яровой двурядный (*Hordeum vulgare* L.) сорта Прерия, разновидность *Medicum* – среднеспелый сорт, вегетационный период составляет 77–90 дней, растение среднерослое, содержание белка в зерне – до 13–15%, масса 1000 зерен – 45–52 г.

Условия выращивания

Растения выращивались в климатической камере, разработанной сотрудниками ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (рис. 1).



Рис. 1. Климатическая камера с растениями: а – общий вид; б – вид внутри

Климатическая камера представляет собой бокс размерами 2560 × 1960 × 2200 мм. Полезный объем для выращивания растений составлял 8,8 м³.

Камера оборудована системой автоматики для поддержания уровня влажности от 30 до 95% и температуры от 16 до 40 °С. Система автоматики позволяет также регулировать длительность и цикличность светового периода.

Камера оснащена пятиканальными управляемыми светильниками (LEDVIM-5), позволяющими изменять спектральный состав и интенсивность освещения. Во время проведения экспериментальных исследований температура в климатической камере составляла 25 °С, а относительная влажность воздуха поддерживалась на уровне 70%.

В вегетационные сосуды объемом 5 л засыпали по 3 см керамзита в качестве дренажа, затем субстрат – смесь грунта на основе верхового торфа низкой степени разложения (марка «Агробалт С») с дерново-подзолистой почвой в соотношении 1 : 1. Водообеспечение и минеральное питание растений осуществлялось путем периодического ручного полива водопроводной водой.

В экспериментах использовали следующие удобрения:

- при формировании первого узла вносили карбамид (N₃₀);
- в фазе кущения – аммофос и хлористый калий (N₆₀P₆₀K₁₂₀).

Для профилактики грибных заболеваний в фазе кущения проводили опрыскивание растений биопрепаратом Фитоспорин-М.

Эксперимент состоял из 3 вариантов освещения с применением различных спектров, в каждом варианте высаживали по 120 растений (по 12 вегетационных сосудов на 2-этажном стеллаже). Густота стояния растений составляла 263,1 шт./м², расстояние между семенами – 3,5 см.

На основании проанализированных источников литературы для контрольного варианта освещения (В1) было решено использовать лампы, состоящие из наиболее распространенных белых светодиодов с соотношением спектра R : B около 3 : 1 [19], с G-облучением не более 50% [13] для стимуляции роста листовой поверхности растений за счет усиления фотосинтеза нижних листьев, а также минимальным FR-диапазоном (B15G40R40FR5). В остальных двух вариантах опыта (В2 и В3) использовались RB-светодиодные осветители с добавлением зеленых светодиодов с соотношениями спектров B22G11R49FR18 и B16G18R51FR15.

Величина плотности фотонного потока (PPFD – photosynthetic photon flux density) по вариантам опыта составляла 200 ± 5 мкмоль·м⁻²с⁻¹.

Лабораторные исследования

В качестве критериев оценки влияния спектрального состава света на растения были выбраны морфологические показатели (высота, продуктивная кустистость, средняя длина и масса колоса, число зерен и их масса в колосе) и содержание основных фотосинтетических пигментов. Содержание фотосинтетических пигментов измеряли дважды – в фазе выхода в трубку и в фазе кущения, а морфологические показатели – в фазе полной спелости (рис. 2). Фаза выхода в трубку у ячменя и пшеницы была в одно время во всех вариантах освещения. Фаза кущения и фаза колошения пшеницы и ячменя наступила в условиях варианта В3 (B16G18R51FR15) быстрее, чем в остальных.

Пигменты (хлорофиллы и каротиноиды) экстрагировали 100% ацетоном. Навеску свежих листьев растений 100 мг взвешивали на аналитических весах LA 230S (Sartorius, Германия), затем измельчали и помещали в фарфоровую ступку с добавлением небольшого количества 100% ацетона и растирали. После растирания каждую порцию полученного раствора фильтровали и сливали в колбы 25 мл, далее доводили до метки ацетоном. Количественное содержание основных пигментов (хлорофилла *a*, *b* и каротиноидов) в листьях определяли на спектрофотометре Спекс ССП-705М (ЗАО «Спектроскопические системы», Россия).

Особенности спектров поглощения хлорофиллов *a* и *b* позволяют определить их количество в экстракте без предварительного разделения. При определении содержания хлорофилла *a* и *b* использовали длины 662 нм и 644 нм, а для каротиноидов – 440,5 нм [1]. Полученные данные концентрации пигментов пересчитывали для 100% ацетона по уравнению Хольма-Ветштейна.

При помощи анализатора NIRS DS2500 (FOSS, Дания) осуществляли анализ исходного зерна (взятого для посева) и выращенного в климатической камере по вариантам опыта. Для определения биохимических показателей исходного материала были отобраны по 2 пробы зерна каждого варианта опыта, которые помещали в чашу для проб для измерения коэффициента отражения в 8 точках пробы. Калибровка прибора позволяет определить такие показатели, как влажность, белок, жир, клетчатка, зола, крахмал (%).

Всхожесть и энергию прорастания полученных семян и посевного материала определяли в соответствии с ГОСТ 12038-84 [2].

Эксперимент проводился в трех повторностях. Статистическую обработку экспериментальных данных производили с помощью MS Excel двухфакторным дисперсионным анализом с применением F-теста и критерия Тьюки при уровне вероятности $P = 0,95$.

Результаты и их обсуждение

При анализе концентрации фотосинтетических пигментов растений пшеницы сорта Любава и ячменя сорта Прерия в фазе выхода в трубку (рис. 2) обнаружено, что пшеница при всех вариантах освещения содержала количественно больше фотосинтетических пигментов, при этом соотношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* находилось в пределах нормы для периода активной вегетации (около 3), а ячмень испытывал стресс от недостатка освещенности (соотношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* по вариантам опыта было в диапазоне 2,4–2,6).

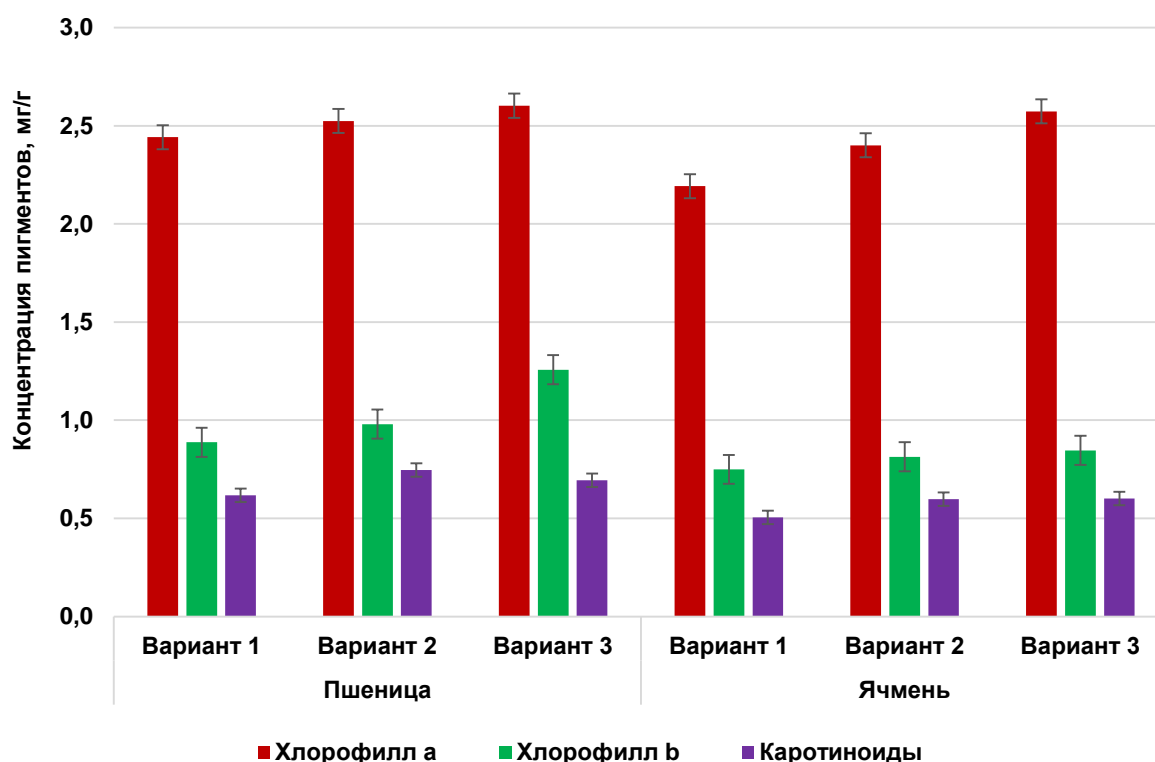


Рис. 2. Содержание основных пигментов в растениях пшеницы яровой сорта Любава и ячменя ярового сорта Прерия в фазе выхода в трубку

По отношению общего хлорофилла к каротиноидам можно сказать, что растения и пшеницы, и ячменя находились в периоде активного роста без проявления признаков старения. Для растений пшеницы не наблюдалось статистически достоверной разницы по содержанию фотосинтетических пигментов между вариантами освещения, а для ячменя можно отметить повышение содержания общего хлорофилла при освещении по варианту В2 (на 12–20% больше, чем в других вариантах).

В фазе колошения содержание общего хлорофилла в пшенице также было немного выше, однако отношение концентраций хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* значительно понизилось, особенно в вариантах В2 и В3 (соответственно 2,6 и 2,1), что существенно ниже, чем в фазе выхода в трубку. Обусловлено это тем, что высота и плотность зеленой массы растений увеличилась, в результате чего наблюдался недостаток освещенности средней и нижней части растений. Отношение общего хлорофилла к каротиноидам уменьшилось, что соответствует фазе развития (рис. 3).

Растения ячменя по высоте были существенно ниже растений пшеницы, поэтому отношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* находилось в пределах допустимых значений для периода роста и плодоношения (3–4).

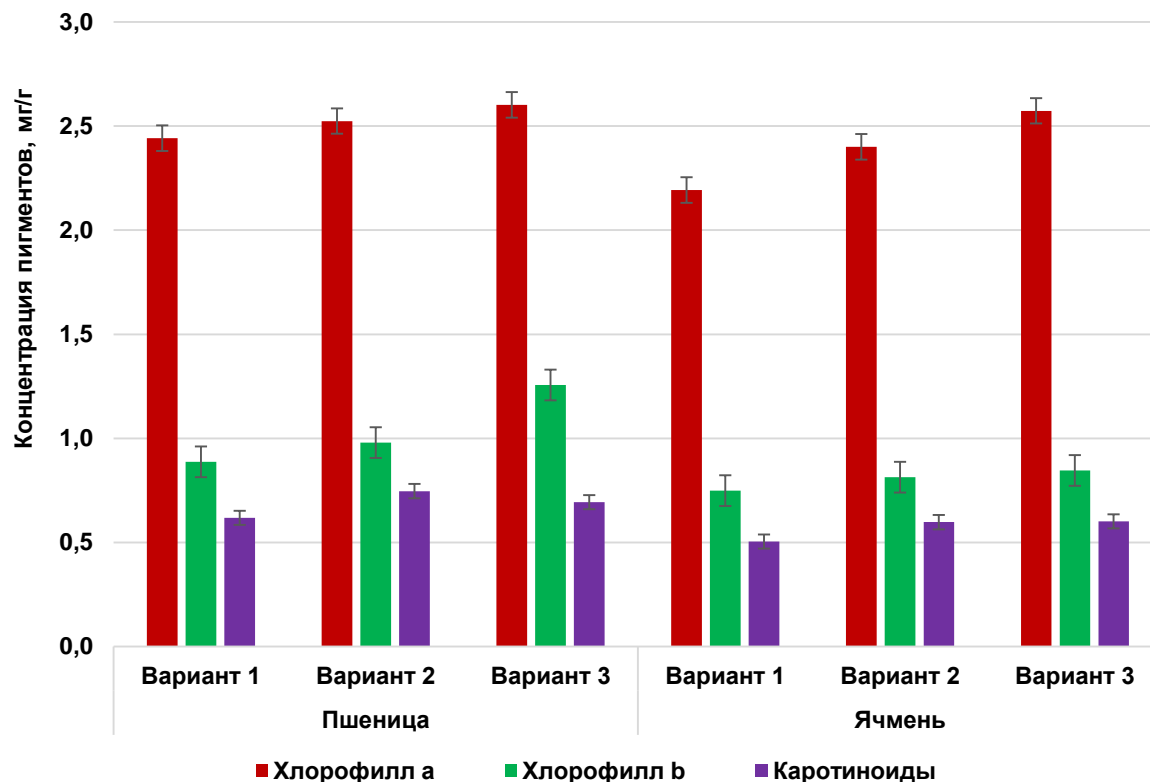


Рис. 3. Содержание основных пигментов в растениях пшеницы яровой сорта Любава и ячменя ярового сорта Прерия в фазе колошения

Таким образом, для растений пшеницы на начальном этапе роста до фазы колошения освещенности $200 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ достаточно для активной работы фотосинтетического аппарата, а к фазе колошения необходимо увеличить интенсивность и равномерность освещения. Для растений ячменя, высота которых была существенно ниже, нехватка освещенности наблюдалась до фазы выхода в трубку, поэтому для данной культуры на этот период необходимо увеличивать интенсивность освещения, это достигается использованием осветителей с регулируемой интенсивностью освещения или изменением высоты расположения ламп (снижение высоты позволит увеличить интенсивность освещения на уровне поверхности листьев).

Максимальная концентрация пигментов растений пшеницы и ячменя наблюдается при освещении по варианту В3. В этом же варианте колошение началось на 5 дней раньше. Морфологические показатели растений приведены на рисунке 4.

Анализ диаграмм (рис. 4) показывает, что различный спектральный состав света достоверно повлиял на величину продуктивной кустистости растений ($\text{НСР}_{05} = 0,35$) и среднее число зерен с растения ячменя ($\text{НСР}_{05} = 5,5$), достоверного влияния на высоту растений пшеницы и ячменя, длину колоса, массу, количество и массу зерновок в колосе установлено не было. Показатель кустистости ячменя и пшеницы напрямую повлиял на выход зерен с единицы площади (рис. 5). Лучшим для ячменя оказалось освещение по варианту В3 с максимальной долей R-спектра, повышенным FR и умеренным G, а для пшеницы – освещение по варианту В2, с максимальным содержанием B и FR и минимальным G ($\text{НСР}_{05} = 602,08$).

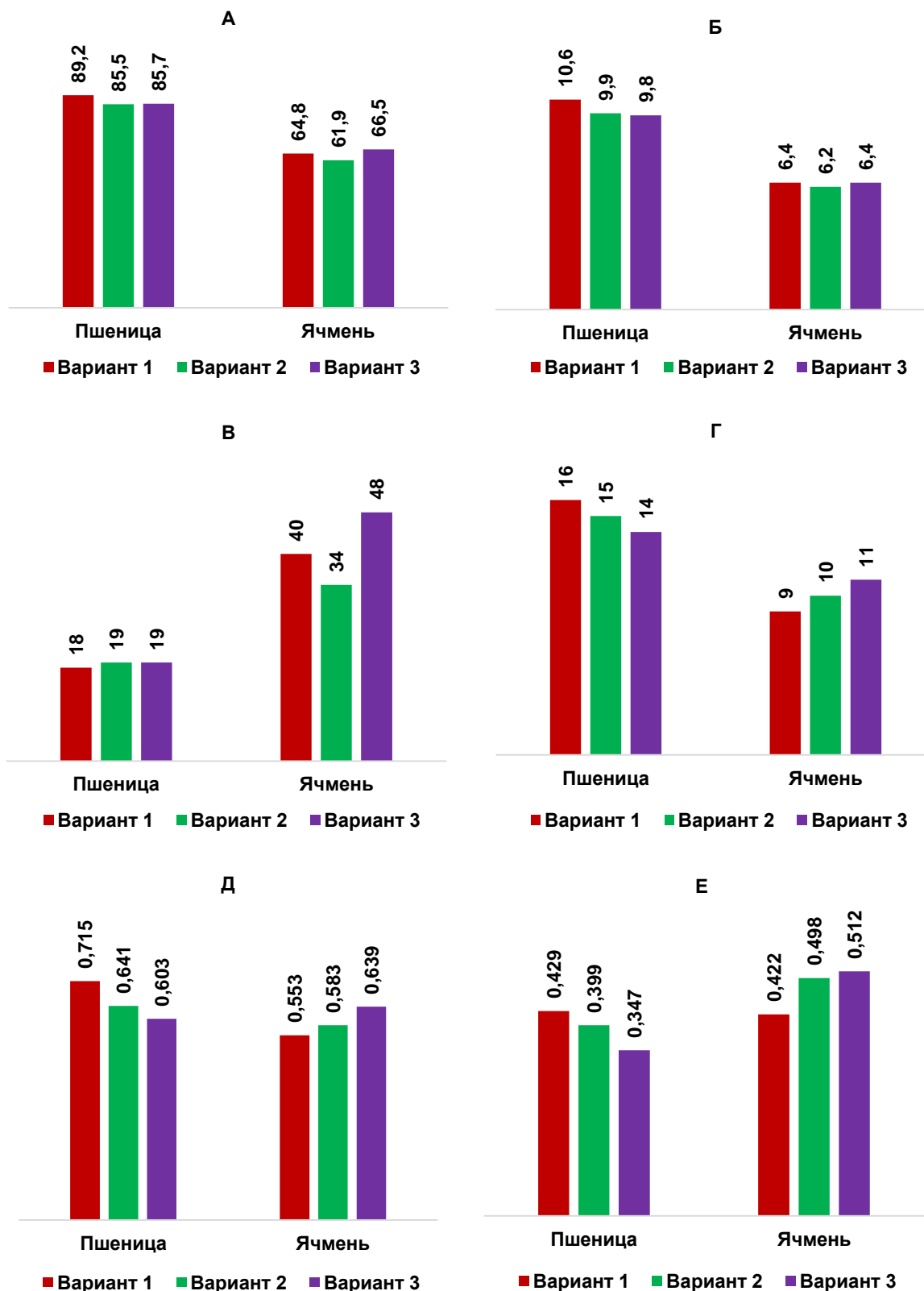


Рис. 4. Морфологические показатели пшеницы яровой сорта Любава и ячменя ярового сорта Прерия при освещении растений спектрами В1 (B15G40R40FR5), В2 (B22G11R49FR18), В3 (B16G18R51FR15): А – средняя высота растений, см; Б – средняя длина колоса, см; В – продуктивная кустистость растений, шт.; Г – среднее количество зерен в колосе, шт.; Д – средняя масса колоса, г; Е – средняя масса зерна в колосе, г

*Буквы указывают на значительные различия между видами освещения в соответствии с критерием Дункана ($p \leq 0,05$)

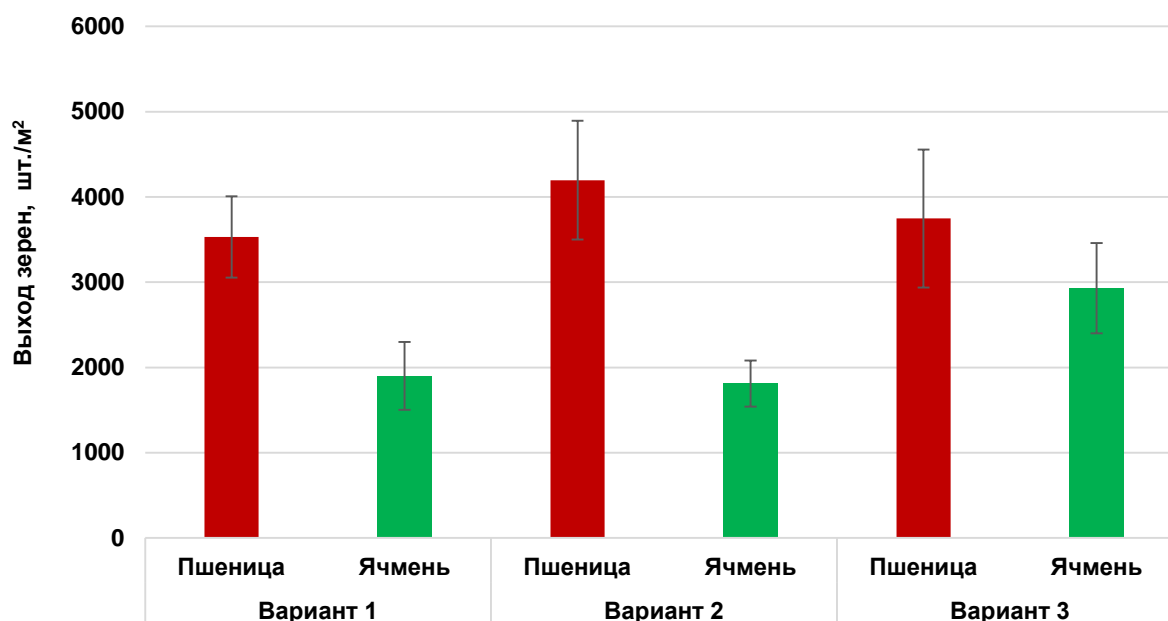


Рис. 5. Число зерен с 1 м² пшеницы сорта Любава и ячменя сорта Прерия при освещении растений спектрами по вариантам опыта В1 (B15G40R40FR5), В2 (B22G11R49FR18) и В3 (B16G18R51FR15)

Масса 1000 зерен пшеницы и ячменя была несколько ниже по сравнению со значениями, указанными в характеристиках данных сортов при выращивании в открытом грунте, что обусловлено различной интенсивностью облучения и условиями питания. Масса 1000 зерен пшеницы Любава составляла 28,4 (вариант В1), 26,2 (вариант В2) и 26,5 (вариант В3). Масса 1000 зерен ячменя Прерия составляла 41,5 (вариант В1), 43,7 (вариант В2) и 44,2 (вариант В3).

Биохимические показатели (NIRS DS2500) исходного зерна и зерна, полученного по вариантам опыта, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Показатели влажности, белка, жира, клетчатки, золы, крахмала исходного посевного материала пшеницы яровой сорта Любава и ячменя ярового сорта Прерия и по вариантам опыта, %

Образцы семян	Белок	Влага	Жир	Клетчатка	Зола	Крахмал
Пшеница						
Посевной материал	16,1 ± 0,3d	10,5 ± 0,3a	1,5 ± 0,05b	2,5 ± 0,02a	1,7 ± 0,06a	57,8 ± 1,0d
В1	16,5 ± 0,9d	12,0 ± 0,7c	1,3 ± 0,10a	2,6 ± 0,02a	2,0 ± 0,09b	50,2 ± 1,4c
В2	16,3 ± 0,8d	12,2 ± 0,4c	1,4 ± 0,08ab	2,6 ± 0,04a	1,9 ± 0,05ab	51,5 ± 2,2c
В3	15,0 ± 0,7c	11,6 ± 0,4b	1,4 ± 0,09ab	2,6 ± 0,04a	1,9 ± 0,08ab	52,2 ± 1,2c
Ячмень						
Посевной материал	12,4 ± 0,4a	10,8 ± 0,2a	2,0 ± 0,18d	3,8 ± 0,30b	2,1 ± 0,06b	52,2 ± 1,1c
В1	14,6 ± 0,4b	12,6 ± 0,1c	1,7 ± 0,09c	4,3 ± 0,13c	2,8 ± 0,11d	41,0 ± 2,6ab
В2	12,4 ± 0,6a	13,6 ± 0,4d	1,6 ± 0,18b	4,9 ± 0,43d	2,6 ± 0,11c	38,9 ± 1,4a
В3	14,7 ± 0,5b	15,4 ± 0,2e	1,8 ± 0,05c	4,4 ± 0,17c	2,5 ± 0,10c	43,2 ± 2,4b

Значения представляют собой среднее ± SE (n = 12). Буквы указывают на значительные различия между видами освещения и биологическим видом в соответствии с критерием Дункана (p ≤ 0,05).

Содержание белка в зернах пшеницы соответствовало сортовым характеристикам варианта В3 и было выше значений вариантов В1 и В2 соответственно на 1,5 и 1,3%. Зерновки растений ячменя, выращенных при освещении по вариантам В1 и В3, соответствовали сортовым характеристикам по содержанию белка. При освещении по варианту В2 накопление белка было существенно меньше. Характерных для листьев проростков закономерностей в накоплении углеводов под большим R-облучением и белков под В-облучением [1, 7] в зерновках не наблюдалось.

Была проверена всхожесть пшеницы и ячменя. В соответствии с ГОСТ 52325-2005 «Сортовые и посевные качества семян зерновых и зернобобовых растений» всхожесть пшеницы и ячменя должна составлять не менее 92% [3].

Все варианты освещения, используемые в опыте, пригодны для получения семян пшеницы с кондиционной всхожестью (95,7–97,7%).

Как следует из данных, приведенных в таблице 2, лучшим для пшеницы вариантом освещения был В2 (В22G11R49FR18) с наибольшей долей В и FR. Освещение по вариантам В2 и В3 подходит для получения семян ячменя надлежащей всхожести (92–93%). При освещении по варианту В2 всхожесть оказалась меньше надлежащей, что может быть связано с ингибирующим действием FR [18]. Лучшим вариантом освещения для ячменя был вариант В3 (В16G18R51FR15).

Таблица 2. Энергия прорастания и всхожесть исходного посевного материала и полученного в результате опыта зерна пшеницы сорта Любава и ячменя сорта Прерия по 3 вариантам освещения

Культура	Варианты опыта	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
Пшеница, сорт Любава	Посевной материал	46,0	53,0
	В1	84,0	96,0
	В2	76,0	97,7
	В3	82,0	95,7
Ячмень, сорт Прерия	Посевной материал	93	95
	В1	87	93
	В2	80	88
	В3	84	92

Таким образом, экспериментальным путем подтверждено, что растения пшеницы более толерантны, а растения ячменя более чувствительны к изменению спектрального состава освещения (интенсивности освещения), что подтверждается данными других исследователей [19].

Посевной материал, полученный в полной светокультуре, соответствует стандартам, поэтому все изученные варианты спектров подходят для ускоренной селекции пшеницы в климатических камерах. Для ячменя оптимальным вариантом освещения по комплексу показателей был В3 (В16G18R51FR15).

Выводы

1. При освещении по всем вариантам концентрация фотосинтетических пигментов в растениях пшеницы сорта Любава в фазе выхода в трубку была выше, чем в растениях ячменя сорта Прерия. При этом в растениях пшеницы отношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* находилось в пределах нормы для периода активной вегетации, а растения ячменя испытывали стресс из-за использования недостаточно интенсивного освещения.

2. Содержание общего хлорофилла в растениях пшеницы в фазе колошения было выше, чем в растениях ячменя, однако отношение концентрации хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* существенно понизилось, особенно при использовании освещения по вариантам В2 и В3 – соответственно на 2,6 и 2,1.

3. Все варианты освещения, использованные в опыте, пригодны для получения семян пшеницы с кондиционной всхожестью (на уровне 95,7–97,7%). Лучшим для пшеницы сорта Любава было освещение по варианту В2 (В22G11R49FR18) с наибольшей долей синего и дальнего красного облучения.

Варианты освещения В1 и В2 можно рекомендовать для получения семян ячменя, отличающихся высокой всхожестью (на уровне 92–93%).

Оптимальным для ячменя сорта Прерия было освещение по варианту В3 (В16G18R51FR15) с максимальной долей R-спектра, повышенным FR и умеренным G.

Список источников

1. Азизов И.В., Гасымова Ф.И., Ибрагимова У.Ф. и др. Влияние синего и красного света на физиологические и биохимические характеристики растений пшеницы // SCIENCES OF EUROPE. GLOBAL SCIENCE CENTER LP. 2019. № 41-1(41). С. 3–6.
2. ГОСТ Р 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. Москва: Стандартинформ, 2011. 29 с.
3. ГОСТ Р 52325-2005. Семена сельскохозяйственных растений. Сортные и посевные качества. Общие технические условия. Москва: Стандартинформ, 2006. 38 с.
4. Драгавцев В.А. Решения технологических задач селекционного повышения урожаев, вытекающие из Теории эколого-генетической организации количественных признаков // Восточно-европейский научный журнал. 2019. № 2(42). С. 11–26.
5. Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации от 21 января 2020 г. № 20 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45106> (дата обращения: 16.05.2023).
6. Тертышная Ю.В., Левина Н.С. Влияние спектрального состава света на развитие сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. № 5. С. 24–29. DOI: 10.22314/207375992016.5.2429.
7. Чернов К.В., Тляумбетов И.А. Воздействие синего и красного света на листья пшеницы // Инновационные технологии в АПК: теория и практика: сборник статей IX Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Пензенского государственного аграрного университета (Пенза, 12–13 марта 2021 г.). Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2021. С. 193–196.
8. Averdecheva O., Berkovich Yu.A., Smolyanina S. et al. Biochemical, photosynthetic and productive parameters of Chinese cabbage grown under blue-red LED assembly designed for space agriculture // Advances in Space Research. 2014. Vol. 53(11). Pp. 1574–1581.
9. Goins G.D., Yorio N.C., Sanwo M.M. et al. Photomorphogenesis, photosynthesis, and seed yield of wheat plants grown under red light-emitting diodes (LEDs) with and without supplemental blue lighting // Journal of Experimental Botany. 1997. Vol. 48(312). Pp. 1407–1413. DOI: 10.1093/jxb/48.7.1407.
10. Kamal K.Y., Khodaeiaminjan M., El-Tantawy A.A. Evaluation of growth and nutritional value of Brassica microgreens grown under red, blue and green LEDs combinations // Physiologia Plantarum. 2020. Vol. 169(4). Pp. 625–638.
11. Kasajima S.Y., Inoue N., Mahmud R. et al. Developmental responses of wheat cv. Norin 61 to fluence rate of green light // Plant Production Science. 2008. Vol. 11(1). Pp. 76–81. DOI: [org/10.1626/pps.11.76](https://doi.org/10.1626/pps.11.76).
12. Kim H.H., Wheeler R.M., Sager J.C. et al. A comparison of growth and photosynthetic characteristics of lettuce grown under red and blue light-emitting diodes (LEDs) with and without supplemental green LEDs // Acta Horticulturae. 2004. Vol. 659. Pp. 467–475. DOI: 10.17660/actahortic.2004.659.
13. Kim H.H., Wheeler R.M., Sager J.C. et al. Evaluation of lettuce growth using supplemental green light with red and blue light-emitting diodes in a controlled environment. A review of research at Kennedy Space Center // Acta Horticulturae. 2006. Vol. 711. Pp. 111–120. DOI: 10.17660/actahortic.2006.711.
14. Li L., Tong Y.X., Lu J.L. et al. Lettuce growth, nutritional quality, and energy use efficiency as affected by red-blue light combined with different monochromatic wavelengths // Hortscience. 2020. Vol. 55(5). Pp. 613–620.

15. Liu M.X., Xu Z.G., Yang Y. et al. Effects of different spectral lights on *Oncidium* PLBs induction, proliferation, and plant regeneration // *Plant Cell Tissue and Organ Culture*. 2011. Vol. 106(1). Pp. 1–10.
16. Meng Q., Kelly N., Runkle E.S. Substituting green or far-red radiation for blue radiation induces shade avoidance and promotes growth in lettuce and kale // *Environmental and Experimental Botany*. 2019. Vol. 162(10). Pp. 383–391. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2019.03.
17. Mitchell C.A., Dzakovich M.P., Gomez C. et al. Light-emitting diodes in horticulture // In Book *Horticultural Reviews*. 2015. Edition: 43 Chapter: 1. Publisher: John Wiley and Sons, Inc. Editors: Jules Janick. Pp. 1–88. DOI: 10.1002/9781119107781.ch01.
18. Panda D., Mohanty S., Das S. et al. The role of phytochrome-mediated gibberellic acid signaling in the modulation of seed germination under low light stress in rice (*O. sativa* L.) // *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2022. Vol. 28(3). Pp. 585–605. DOI: 10.1007/s12298-022-01167-7.
19. Stefański P., Matysik P., Siedlarz-Słowacka P. et al. Efficiency of LED lamps used in cereal crop breeding greenhouses // *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2022. Vol. 15(2). Pp. 75–83. DOI: 10.25165/ijabe.20221502.5775.
20. Stefański P., Matysik P., Siedlarz P. et al. Usefulness of LED lightings in cereal breeding on example of wheat, barley and oat seedlings // *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2019. Vol. 12(6). Pp. 32–37. DOI: 10.25165/ijabe.20191205.3646.

References

1. Azizov I.V., Gasymova F.I., Ibragimova U.F. et al. Vliyanie sinego i krasnogo sveta na fiziologicheskie i biokhimicheskie kharakteristiki rastenij pshenitsy [Influence of blue and red light on physiological and biochemical characteristics of wheat plants]. *SCIENCES OF EUROPE. GLOBAL SCIENCE CENTER LP*. 2019;41-1(41):3-6. (In Russ.).
2. GOST R 12038-84. Semena sel'skokhozyajstvennykh kul'tur. Metody opredeleniya vskhozhesti [Agricultural seeds. Methods for determination of germination]. Moscow: Standartinform Publishing House; 2011. 29 p. (In Russ.).
3. GOST R 52325-2005. Semena sel'skokhozyajstvennykh rastenij. Sortovye i posevnye kachestva. Obshchie tekhnicheskie usloviya [Seeds of agricultural plants. Varietal and sowing characteristics. General specifications]. Moscow: Standartinform Publishing House; 2006. 38 p. (In Russ.).
4. Dragavtsev V.A. Resheniya tekhnologicheskikh zadach selektsionnogo povysheniya urozhav, vytekayushchie iz Teorii ekologo-geneticheskoy organizatsii kolichestvennykh priznakov [Solutions of technological problems of selective increase of crop yields arising from the Theory of ecological and genetic organization of quantitative phenotype traits]. *Vostochno-evropejskij nauchnyj zhurnal = East European Scientific Journal*. 2019;2(42):11-26. (In Russ.).
5. Ob utverzhenii Doktriny prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossijskoj Federatsii: Ukaz Prezidenta Rossijskoj Federatsii ot 21 yanvarya 2020 g. № 20 [On the 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: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45106>. (In Russ.).
6. Tertyshnaya Yu.V., Levina N.S. Vliyanie spektral'nogo sostava sveta na razvitie sel'skokhozyajstvennykh kul'tur [Effect of light spectrum on the development of agricultural crops]. *Sel'skokhozyajstvennye mashiny i tekhnologii = Agricultural Machinery and Technologies*. 2016;5:24-29. (In Russ.).
7. Chernov K.V., Tlyaumbetov I.A. Vozdejstvie sinego i krasnogo sveta na list'ya pshenitsy. Innovatsionnye tekhnologii v APK: teoriya i praktika: sbornik statej IX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoj 70-letiyu Penzenskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Penza, 12-13 marta 2021 g.) [Impact of blue and red light on wheat leaves. Innovative technologies in Agro-Industrial Complex: Theory and Practice: Collection of Scientific Papers of the IX International Research-to-Practice Conference dedicated to the 70th Anniversary of Penza State Agrarian University (Penza, March 12-13, 2021)]. Penza: Penza State Agrarian University Press; 2021:193-196. (In Russ.).
8. Avercheva O., Berkovich Yu.A., Smolyanina S. et al. Biochemical, photosynthetic and productive parameters of Chinese cabbage grown under blue-red LED assembly designed for space agriculture. *Advances in Space Research*. 2014;53(11):1574-1581.
9. Goins G.D., Yorio N.C., Sanwo M.M. et al. Photomorphogenesis, photosynthesis, and seed yield of wheat plants grown under red light-emitting diodes (LEDs) with and without supplemental blue lighting. *Journal of Experimental Botany*. 1997;48(312):1407-1413. DOI: 10.1093/jxb/48.7.1407.
10. Kamal K.Y., Khodaieaminjan M., El-Tantawy A.A. Evaluation of growth and nutritional value of Brassica microgreens grown under red, blue and green LEDs combinations. *Physiologia Plantarum*. 2020;169(4):625-638.
11. Kasajima S.Y., Inoue N., Mahmud R. et al. Developmental responses of wheat cv. Norin 61 to fluence rate of green light. *Plant Production Science*. 2008;11(1):76-81. DOI: org/10.1626/pp.11.76.
12. Kim H.H., Wheeler R.M., Sager J.C. et al. A comparison of growth and photosynthetic characteristics of lettuce grown under red and blue light-emitting diodes (LEDs) with and without supplemental green LEDs. *Acta Horticulturae*. 2004;659:467-475. DOI: 10.17660/actahortic.2004.659.

13. Kim H.H., Wheeler R.M., Sager J.C. et al. Evaluation of lettuce growth using supplemental green light with red and blue light-emitting diodes in a controlled environment. A review of research at Kennedy Space Center. *Acta Horticulturae*. 2006;711:111-120. DOI: 10.17660/actahortic.2006.711.
14. Li L., Tong Y.X., Lu J.L. et al. Lettuce growth, nutritional quality, and energy use efficiency as affected by red-blue light combined with different monochromatic wavelengths. *Hortscience*. 2020;55(5):613-620.
15. Liu M.X., Xu Z.G., Yang Y. et al. Effects of different spectral lights on *Oncidium* PLBs induction, proliferation, and plant regeneration. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*. 2011;106(1):1-10.
16. Meng Q., Kelly N., Runkle E.S. Substituting green or far-red radiation for blue radiation induces shade avoidance and promotes growth in lettuce and kale. *Environmental and Experimental Botany*. 2019;162(10):383-391. DOI: 10.1016/j.envexbot.2019.03.
17. Mitchell C.A., Dzakovich M.P., Gomez C. et al. Light-emitting diodes in horticulture. In Book *Horticultural Reviews*. 2015. Edition: 43 Chapter: 1. Publisher: John Wiley and Sons, Inc. Editors: Jules Janick. Pp. 1–88. DOI: 10.1002/9781119107781.ch01.
18. Panda D., Mohanty S., Das S. et al. The role of phytochrome-mediated gibberellic acid signaling in the modulation of seed germination under low light stress in rice (*O. sativa* L.). *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2022;28(3):585-605. DOI: 10.1007/s12298-022-01167-7.
19. Stefański P., Matysik P., Siedlarz-Słowacka P. et al. Efficiency of LED lamps used in cereal crop breeding greenhouses. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2022;15(2):75-83. DOI: 10.25165/j.ijabe.20221502.5775.
20. Stefański P., Matysik P., Siedlarz P. et al. Usefulness of LED lightings in cereal breeding on example of wheat, barley and oat seedlings. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2019;12(6):32-37. DOI: 10.25165/j.ijabe.20191205.3646.

Информация об авторах

А.С. Дорохов – академик РАН, профессор, доктор технических наук, заместитель директора по научно-организационной работе ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», dorokhov.vim@yandex.ru.

В.В. Пыльнев – профессор, доктор биологических наук, зав. кафедрой генетики, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», pyl8@yandex.ru.

Н.А. Семенова – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории исследований технологических свойств сельскохозяйственных материалов ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», natalia.86@inbox.ru.

М.С. Широкова – лаборант-исследователь лаборатории исследований технологических свойств сельскохозяйственных материалов ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», m_shirokova98@mail.ru.

Н.О. Чилингарян – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории интеллектуальных роботизированных средств и климатического оборудования для закрытых экосистем ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», narek-s@list.ru.

Information about the authors

A.S. Dorokhov, Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor, Doctor of Engineering Sciences, Deputy Director for Scientific and Organizational Work, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, dorokhov.vim@yandex.ru.

V.V. Pylynev, Professor, Doctor of Biological Sciences, Head of the Dept. of Genetics, Breeding and Seed Production, Russian Timiryazev State Agrarian University, pyl8@yandex.ru.

N.A. Semenova, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research Scientist, Technological Properties of Agricultural Materials Research Laboratory, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, natalia.86@inbox.ru.

M.S. Shirokova, Research Laboratory Assistant, Technological Properties of Agricultural Materials Research Laboratory, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, m_shirokova98@mail.ru.

N.O. Chilingaryan, Candidate of Engineering Sciences, Senior Research Scientist, Laboratory of Intelligent Robotic Tools and Climate Control Equipment for Closed Ecosystems, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, narek-s@list.ru.

Статья поступила в редакцию 24.08.2023; одобрена после рецензирования 25.09.2023; принята к публикации 26.09.2023.

The article was submitted 24.08.2023; approved after reviewing 25.09.2023; accepted for publication 26.09.2023.

© Дорохов А.С., Пыльнев В.В., Семенова Н.А., Широкова М.С., Чилингарян Н.О., 2023

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

Научная статья

УДК 631.445.4:631.816

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_3_42

EDN: QIAXCX

**Влияние многолетнего внесения удобрений и мелиоранта
на основные показатели плодородия чернозема выщелоченного**

Елена Сергеевна Гасанова^{1✉}, Ангелина Владимировна Малявская²,
Константин Егорович Стекольников³, Николай Георгиевич Мязин⁴

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

¹upravlenieopm@mail.ru✉

Аннотация. Применение минеральных, органических удобрений, а также кальциевых мелиорантов необходимо не только для получения высоких урожаев, но и для сохранения плодородия почв, при этом все проводимые агротехнические мероприятия неизбежно изменяют физические, физико-химические, химические и биологические свойства почв, а также окислительно-восстановительный, пищевой и др. почвенные режимы. Изучение изменений показателей почвы под влиянием удобрений и мелиорантов является актуальной задачей, решение которой позволит прогнозировать тенденцию этих изменений, а также планировать мероприятия по воспроизводству почвенного плодородия. Представлены результаты исследований, выполненных на территории УНТЦ «Агротехнология» Воронежского ГАУ в течение 2020–2022 гг. в звене севооборота вико-овсяная смесь – озимая пшеница – ячмень. В почвенных образцах чернозема выщелоченного разных вариантов плодородия были определены физико-химические характеристики, содержание гумуса и его подвижных фракций. Выявлено, что почвы вариантов внесения только минеральных и органических удобрений характеризуются повышенной кислотностью, низкими суммой обменных оснований, содержанием обменного кальция, емкостью катионного обмена, степенью насыщенности основаниями и нуждаются в известковании. Почвы всех анализируемых вариантов были отнесены к малогумусным, так как содержание гумуса варьировало от 4,26 до 4,56%, за исключением варианта применения минеральных удобрений на известкованном фоне (3,77–3,81%). Отмечено минимальное количество лабильного органического вещества в почвах известкованных вариантов, что свидетельствует о накоплении в них высококонденсированных гумусовых веществ. Данный факт подтверждается высокой отрицательной корреляционной связью между содержанием подвижных форм гумуса и количеством обменного кальция в почве. Внесение кальциевого мелиоранта (дефеката) не только улучшает показатели почвенной кислотности, степени насыщенности почв основаниями и др., но и снижает образование подвижных форм гумуса, препятствуя тем самым его вымыванию за пределы почвенных горизонтов.

Ключевые слова: почвенное плодородие, воспроизводство, удобрения, мелиорант, гумус, параметры гумусного состояния

Для цитирования: Гасанова Е.С., Малявская А.В., Стекольников К.Е., Мязин Н.Г. Влияние многолетнего внесения удобрений и мелиоранта на основные показатели плодородия чернозема выщелоченного // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 3(78). С. 42–52. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_42-52.

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

Original article

**Effect of long-term application of fertilizers and ameliorant
on the basic indicators of fertility of leached chernozem soil**

Elena S. Gasanova^{1✉}, Angelina V. Malyavskaya²,
Konstantin E. Stekolnikov³, Nikolay G. Myazin⁴

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

¹upravlenieopm@mail.ru✉

Abstract. The application of mineral and organic fertilizers, as well as calcium ameliorants is necessary not only to obtain high yields, but also to preserve soil fertility, while all agrotechnical measures inevitably change the physical, physico-chemical, chemical, and biological properties of soils, as well as their redox, nutrient and other statuses. Studying of changes in soil indicators under the influence of fertilizers and ameliorants is an urgent task,

the solution of which will allow predicting the trends in these changes, as well as planning the measures for soil fertility reproduction. The authors present the results of research performed in the territory of the "Agrotechnology" Educational Research and Technological Center of Voronezh State Agrarian University in 2020-2022 in the crop rotation link of vetch & oat mixture – winter wheat – barley. Soil samples of leached chernozem of different fertilization variants were evaluated by physico-chemical characteristics, humus content and its labile fractions. It was revealed that soils from variants where only mineral and organic fertilizers had been applied were characterized by high acidity and low values of total exchangeable bases, exchangeable calcium content, cation exchange capacity, and degree of base saturation, and needed liming. The soils in all analyzed variants were classified as low-humus, since their humus content varied from 4.26 to 4.56%, with the exception of the variant where mineral fertilizers had been applied on a limed background (3.77-3.81%). Minimal content of labile organic matter in the soils of limed variants was noted, which indicates the accumulation of highly condensed humic substances in them. This fact is confirmed by a strong negative correlation between the content of labile forms of humus and the amount of exchangeable calcium in the soil. The application of calcium ameliorant (defecation mud) not only improves the indicators of soil acidity, the degree of base saturation of soils, etc., but also reduces the formation of labile forms of humus, thereby preventing its outwash beyond the soil horizons.

Key words: soil fertility, fertility reproduction, fertilizer, ameliorant, humus, parameters of humus status

For citation: Gasanova E.S., Malyavskaya A.V., Stekolnikov K.E., Myazin N.G. Effect of long-term application of fertilizers and ameliorant on the basic indicators of fertility of leached chernozem soil. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(3):42-52. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_42-52.

Введение
Общеизвестно, что органическое вещество является важнейшим компонентом почвы, которое формирует почвенное плодородие, регулирует микробиологическую активность, снижает токсичность экопolutантов, нивелирует отрицательные последствия неблагоприятных внешних факторов для выращиваемых сельскохозяйственных культур. Для характеристики состава гумуса используется многокомпонентная система органического вещества Д.С. Орлова [14], которая позволяет дать полную характеристику гумусному состоянию почв (направление, темп гумификации, тип гумуса и др.), разносторонне охарактеризовать особенности органического вещества почвы в рамках генетического почвоведения. Однако подобные параметры не находят практического применения, так как корреляционной связи между содержанием гумуса, его составом и урожайностью выращиваемых сельскохозяйственных культур не отмечается [8, 15], поэтому многие ученые считают целесообразным разделять общее содержание органического вещества в почве на две большие группы: инертное органическое вещество, представленное гуминовыми кислотами и гумином, а также лабильное органическое вещество (ЛОВ) [2, 16, 17]. Инертное органическое вещество определяет окраску почвы, окислительно-восстановительный режим, емкость поглощения, буферность по отношению к изменяющимся факторам окружающей среды. ЛОВ непосредственно участвует в питании растений и микроорганизмов, регулирует почвенную структуру, защищает консервативное органическое вещество от процессов минерализации.

Недостаток ЛОВ свидетельствует о выпаханности почвы (низком уровне плодородия почв вследствие уменьшения запасов гумуса, обесструктурирования, переуплотнения). Все компоненты органического вещества почвы являются важными для оценки почвенного плодородия и экологической устойчивости почв как базового компонента биоценоза. Качественный и количественный состав почв зависит от используемых систем земледелия, в частности от применяемых органических, минеральных удобрений и мелиорантов. Внесение агрохимикатов изменяет круговорот углерода в агроценозах. Направленность этих изменений обусловлена видом и дозами применяемых удобрений, их косвенным влиянием на физико-химические и биологические свойства почв, а также

на интенсивность минерализации и гумификации органического вещества, поэтому исследование трансформации параметров гумусного состояния почв, а также динамики содержания ЛОВ в условиях многолетнего применения различных удобрений является актуальным.

Методика эксперимента

Исследования проводили в течение 2020–2022 гг. на территории УНТЦ «Агротехнология» Воронежского государственного аграрного университета, стационар кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии. Объектом исследования являлся почвенный покров стационара в звене севооборота вика-овсяная смесь (2020 г.) – озимая пшеница (2021 г.) – ячмень (2022 г.).

Анализировались почвенные образцы по вариантам стационарного опыта.

1. Без удобрений (контроль).
2. 40 т/га навоза – (фон) – последствие.
3. Фон + NPK.
5. Фон + 2 NPK.
12. Фон + NPK + дефекат (последствие).
13. Фон + дефекат (последствие).
15. NPK + дефекат (последствие).

В почвенных образцах были определены следующие показатели:

- содержание гумуса – по методу Тюрина с фотоколориметрическим окончанием [3];
- групповой состав гумуса – по методу Кононовой-Бельчиковой [4];
- рН – по методу ЦИНАО [3];
- гидролитическая кислотность – по Каппену в модификации ЦИНАО [3];
- оптическая плотность отдельных групп гумуса – на спектрофотометре КФК-3 [4];
- состав обменных оснований ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) – трилонометрическим методом [3];
- содержание обменного кальция – трилонометрическим методом [3];
- лабильные гумусовые вещества (ЛГВ), экстрагируемые 0,1 н NaOH при соотношении почва и раствора 1 : 20, время экстракции 17–20 ч (подобная методика рекомендована для почв с реакцией среды, близкой к нейтральной [4]).

Статистическая обработка данных проводилась методом корреляционного анализа с использованием программы Excel [5].

Результаты и их обсуждение

На рисунке 1 представлены результаты определения основных физико-химических свойств анализируемых почвенных образцов за три года исследований. Представлены средние данные по слою 0–40 см. Определение наименьшей существенной разницы по всем анализируемым вариантам и по годам показало, что представленные результаты достоверны.

Установлено, что величина обменной кислотности $\text{pH}_{\text{сол}}$ варьирует по вариантам и по годам исследований. Максимальные ее значения характерны для 2020 г. для мелиорируемых вариантов. Почвы варианта внесения двойной дозы минеральных удобрений (вариант 5) были отнесены к категории слабокислых, почвы остальных вариантов имели кислотность, близкую к нейтральной. В 2021–2022 гг. значения кислотности были близкими, однако почвы всех вариантов без внесения дефеката были отнесены к категории кислых, почвы известкованных вариантов – к категории слабокислых.

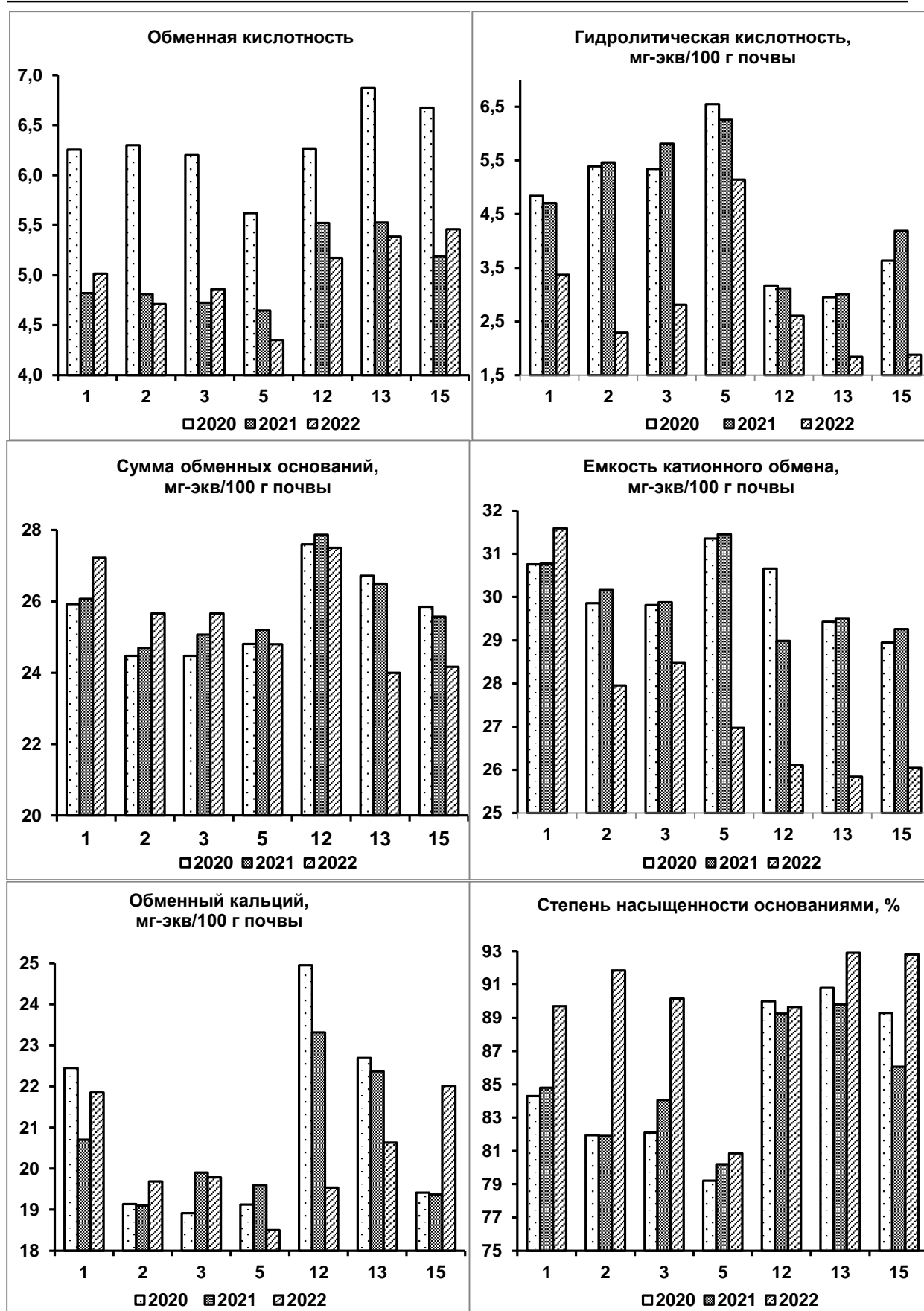


Рис. 1. Показатели физико-химических свойств почвенных образцов анализируемых вариантов:
 1 – без удобрений (контроль); 2 – 40 т/га навоза – (фон); 3 – фон + NPK; 5 – фон + 2 NPK;
 12 – фон + NPK + дефекат; 13 – фон + дефекат; 15 – NPK + дефекат

Величина гидролитической кислотности обусловлена наличием в почвенно-поглощающем комплексе обменных катионов водорода и алюминия и является важнейшей характеристикой для определения потребности в известковании. Максимальная величина этого показателя отмечена на варианте применения высоких доз минеральных удобрений на унавоженном фоне – 5,14–6,55 мг-экв/100 г почвы (очень сильноокислая и сильноокислая степени кислотности). Почвы вариантов применения донора имели нейтральную, близкую к нейтральной и слабоокислую степени кислотности. Минимальные значения гидролитической кислотности отмечены в 2022 г. Почвы всех вариантов опыта, кроме варианта 5, не нуждались в известковании.

Сумма обменных катионов определяется содержанием в почве кальция, магния, калия и натрия, входящих в состав ППК. С данной величиной тесно связана емкость катионного обмена (ЕКО – фундаментальное свойство почвы, используемое для прогнозирования наличия питательных веществ для растений и их поглощения почвой, потенциал доступных питательных веществ). Данные характеристики зависят от содержания физической глины и органического вещества в почве, они достаточно консервативны и определяются в первую очередь типом почвообразования. Однако длительное внесение различных туков и мелиоранта привело к изменению значений этих показателей. Максимальные показатели суммы обменных оснований отмечены на варианте совместного применения органических и минеральных удобрений при внесении донора – 27,5–27,9 мг-экв/100 г почвы. Минимальные значения характерны для фонового варианта, а также для вариантов применения разных доз минеральных туков на фоне навоза – 24,5–25,7 мг-экв/100 г почвы. Емкость катионного обмена определяется не только величиной суммы обменных оснований, но также содержанием в почве обменных катионов водорода и алюминия [12]. Значения ЕКО были низкими в почвенных образцах в 2022 г. (за исключением контрольного варианта), высокими – в 2021 г. В целом значения ЕКО варьировали в пределах 25,8–31,6 мг-экв/100 г почвы, что позволяет отнести почвы опытного участка к средней категории.

Содержание обменного кальция в почве является важнейшим показателем почвенного плодородия, так как определяет многие физические и физико-химические свойства почвы [11]. Кроме того, кальций является важным элементом питания растений. Содержание кальция в почве постоянно меняется в зависимости от применяемых удобрений, при подкислении и последующем выщелачивании, поэтому количество кальция требует регулярного мониторинга. В нашем опыте максимальное содержание обменного кальция характерно для варианта совместного известкования и применения минеральных удобрений на фоне навоза в 2020–2021 гг. Минимальные значения отмечены на фоновом варианте, а также на вариантах применения минеральных удобрений на фоне внесения органических.

Степень насыщенности почв основаниями характеризует поглощательную и буферную способности почвы, ее устойчивость к антропогенному воздействию. В проведенных исследованиях минимальные значения характерны для варианта 5 – 79,2–80,9%. Высокие значения по всем вариантам опыта были отмечены в 2022 г. В целом почвы всех анализируемых вариантов относятся к категории насыщенных основаниями.

Анализируемые показатели почвенного плодородия были достаточно динамичными по годам и вариантам опыта. Кроме системы применяемых удобрений и мелиорантов, важнейшее влияние на них оказывали погодные условия. На рисунке 2 представлены результаты расчета гидротермического коэффициента ГТК по Селянинову на основе данных агрометеорологического бюллетеня.

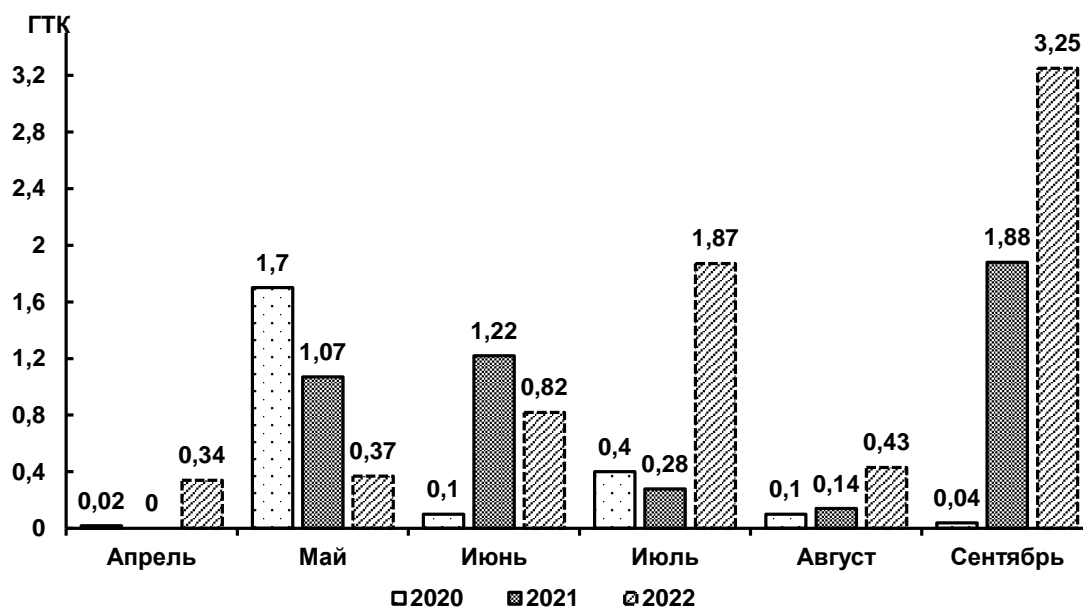


Рис. 2. Гидротермические условия (ГТК) активного вегетационного периода за три года наблюдений

Дефицит осадков и высокая температура воздуха обусловили в среднем за активный вегетационный период низкую величину ГТК. За весь период наблюдений в 2020 г. она была ниже единицы, кроме мая (ГТК = 1,7), что не характерно для лесостепной зоны Центрального Черноземья. Выявлено, что самыми засушливыми месяцами являлись апрель, июль (за исключением июля 2022 г.) и август. По значению ГТК эти месяцы относились к очень засушливым. Наиболее увлажненными были май, июнь, а также сентябрь (слабозасушливые и влажные условия). Однако в сентябре 2022 г. сформировалось избыточное увлажнение – ГТК = 3,25.

Таким образом, можно отметить чередование засушливых и влажных периодов, что способствовало формированию цикличности увлажнения и иссушения почвенно-грунтовой толщи, вследствие чего развивались периодически промывной тип водного режима и пульсирующий режим почвенных карбонатов, оказывающих влияние на почвообразовательный процесс.

На рисунке 3 представлены результаты определения содержания гумуса и подвижного органического вещества в исследуемых почвенных образцах (2020–2022 гг.).

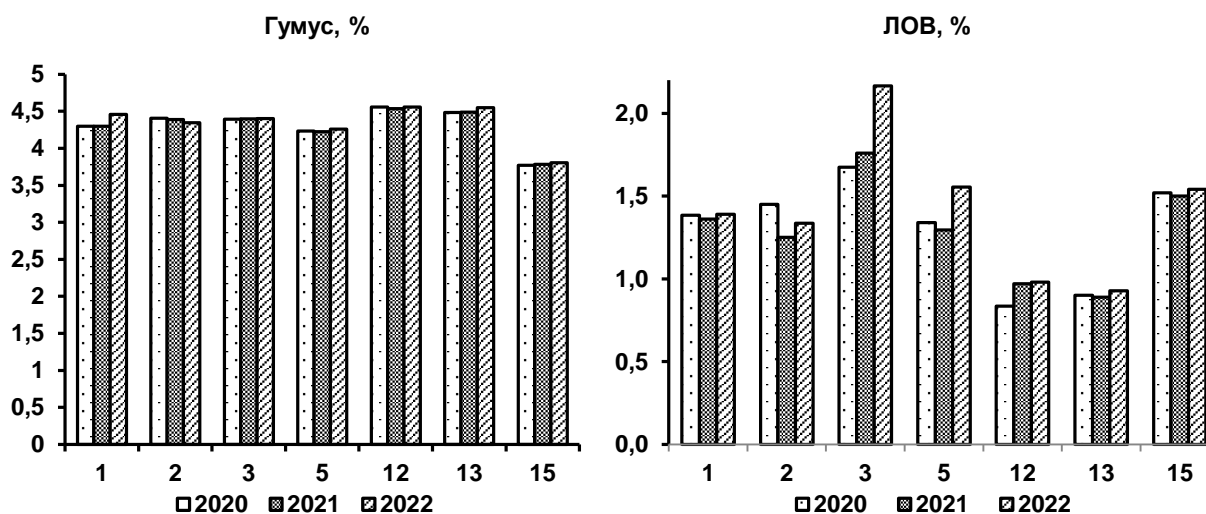


Рис. 3. Содержание гумуса и лабильного органического вещества (ЛОВ) в почвенных образцах по вариантам: 1 – без удобрений (контроль); 2 – 40 т/га навоза – (фон); 3 – фон + NPK; 5 – фон + 2 NPK; 12 – фон + NPK + дефекат; 13 – фон + дефекат; 15 – NPK + дефекат

Выявлено, что почвы всех анализируемых вариантов относятся к малогумусным. Содержание гумуса варьировало от 4,26 до 4,56%, за исключением варианта применения минеральных удобрений на известкованном фоне – 3,77–3,81%. Максимальное содержание гумуса отмечено на варианте совместного внесения удобрений и дефеката – 4,51% в среднем за три года, что на 0,31% выше контрольного варианта. Минимальное содержание гумуса характерно для почв варианта 15 – 3,79%, что на 0,71% ниже, чем на контроле.

Следует отметить, что данный опыт по изучению влияния удобрений и мелиоранта на показатели плодородия почв и урожайность выращиваемых сельскохозяйственных культур был заложен в 1987 г., поэтому значительные изменения содержания гумуса по вариантам опыта вполне обоснованы. За изучаемый период (2020–2022 гг.) изменения весьма незначительны, что подтверждается данными о консервативности гумусового содержания [7].

Максимальное количество подвижных форм органического вещества отмечено на вариантах использования разных доз минеральных удобрений: варианты 3 и 5 – соответственно 1,87 и 1,40% в среднем за три года, а также на варианте внесения дефеката по минеральному фону – 1,52%. Минимальные показатели характерны для вариантов известкования по органическому фону: варианты 12 и 13 – соответственно 0,93 и 0,91%.

Весьма информативным является показатель содержания лабильных элементов (в процентах) в общем количестве гумуса. Установлено, что в среднем за три года на контроле этот показатель составил 31,65%, на фоновом варианте – 30,70%, на вариантах 3, 5, 12, 13 и 15 – соответственно 42,43%, 32,94, 20,40, 20,09 и 40,14%. Можно сделать вывод о том, что применение кальциевого мелиоранта совместно с навозом способствует консервации гумуса, формированию менее подвижных его форм.

Представляет интерес расчет коэффициента корреляции между содержанием ЛОВ и основными физико-химическими характеристиками почвенных образцов разных вариантов удобрности. Результаты расчета по всем вариантам и годам наблюдений представлены на рисунке 4.

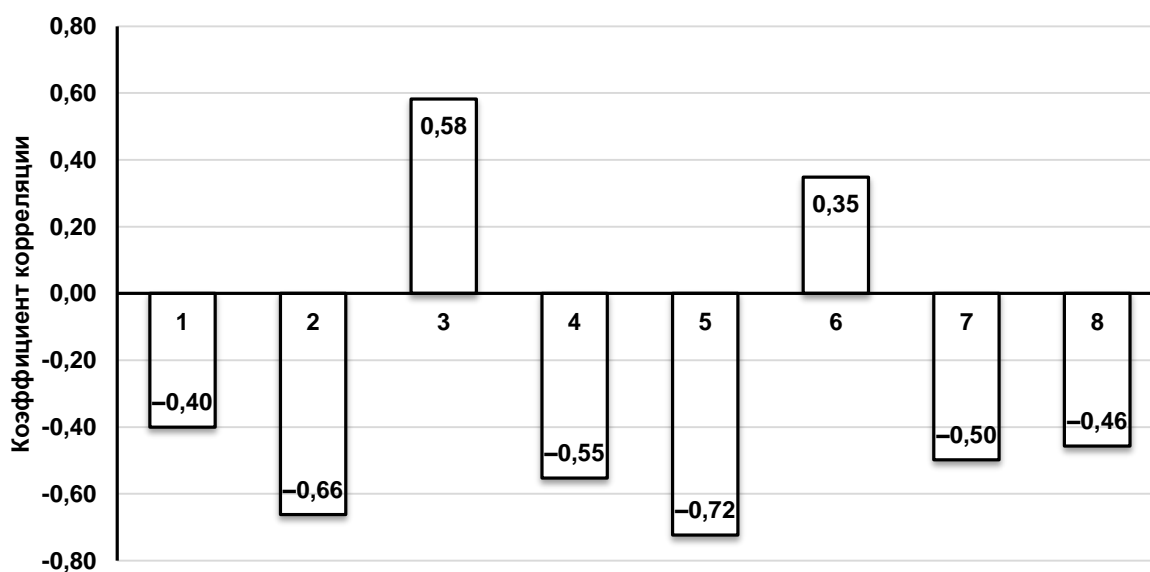


Рис. 4. Коэффициент корреляции между содержанием ЛОВ и различными показателями: 1 – актуальная кислотность; 2 – обменная кислотность; 3 – гидролитическая кислотность; 4 – сумма обменных оснований; 5 – содержание обменного кальция; 6 – емкость катионного обмена; 7 – степень насыщенности почв основаниями; 8 – содержание гумуса

Анализируя представленные данные, можно отметить, что содержание подвижного гумуса тесно связано с содержанием обменного кальция в почве, причем данная связь обратная: с увеличением содержания обменного кальция в почве гуминовые вещества переходят в малоподвижные гуматы кальция, и их подвижность снижается. С показателями почвенной кислотности, величинами суммы обменных оснований, емкостью катионного обмена, степенью насыщенности основаниями, а также с содержанием гумуса корреляционная связь характеризуется как средняя.

В таблице представлены некоторые параметры гумусного состояния анализируемых почвенных образцов. Для расчета использованы средние данные за три года. Показатели, за исключением запасов гумуса, рассчитаны для слоя 0–40 см.

Показатели	Варианты						
	1	2	3	5	12	13	15
Запас гумуса (в слое 1 м), т/га	440	457	380	368	417	427	405
Степень гумификации органического вещества, %	66,28	66,37	63,49	47,90	65,10	64,60	59,55
Содержание гумуса / тип	7,61 / гуматный	7,78 / гуматный	5,53 / гуматный	1,78 / фульватно-гуматный	7,14 / гуматный	6,56 / гуматный	3,87 / гуматный
Оптическая плотность гуминовых кислот E4 : E6	1,42	1,59	1,43	1,28	1,82	1,46	1,51
Негидролизуемый остаток	25% от содержания углерода в почве						

Установлено, что все параметры гумусного состояния соответствуют литературным данным для освоенных выщелоченных черноземов [1, 13]. Запасы гумуса в метровом слое варьировали в пределах от 368 т/га на варианте внесения двойной дозы минеральных удобрений по унавоженному фону (вариант 5) до 457 т/га на варианте внесения навоза (вариант 2).

Степень гумификации органического вещества оценивалась как доля гуминовых кислот от общего содержания всех органических веществ в почве и характеризовалась как высокая для всех анализируемых вариантов (более 40%) [6].

Важным показателем качества гумуса является его тип (отношение содержания углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот). Это безразмерная величина, которая определяется по результатам группового состава гумуса. По данным проведенных анализов гумус всех анализируемых вариантов был отнесен к гуматному типу (в составе гумуса преобладали гуминовые кислоты), кроме варианта внесения двойной дозы минеральных удобрений, гумус этого варианта был отнесен к фульватно-гуматному типу. Пониженная способность к ослаблению света и более широкое отношение E4 : E6 были характерными для почв фонового варианта и вариантов внесения дефеката (варианты 2, 12, 13 и 15). В почвах вариантов внесения минеральных удобрений совместно с навозом данное соотношение сужалось, что свидетельствовало о большей степени конденсированности данных гуминовых кислот, что, возможно, имело место в результате разрушения периферической части молекул в результате кислотного гидролиза под действием минеральных удобрений [9, 10]. Доля негидролизуемого остатка (гумина) составляла ¼ от общего содержания углерода в почве всех анализируемых вариантов опыта, что свидетельствует о том, что несмотря на значительные изменения в параметрах гумусного состояния в результате длительного использования удобрений и мелиоранта, прочно-удерживаемая на минеральной матрице часть гумуса остается неизменной.

Выводы

Установлено, что по величине обменной кислотности почвы варианта внесения двойной дозы минеральных удобрений относятся к категории слабокислых, почвы остальных вариантов имеют кислотность, близкую к нейтральной. В 2021–2022 гг. значения кислотности были близкими, однако почвы известкованных вариантов относились к категории кислых, почвы известкованных вариантов – к категории слабокислых.

Максимальная величина гидролитической кислотности отмечена на варианте применения высоких доз минеральных удобрений на фоне навоза – 5,14–6,55 мг-экв/100 г почвы (очень сильноокислая и сильноокислая степени кислотности). Почвы вариантов, где вносили навоз, имели нейтральную, близкую к нейтральной и слабокислую степень кислотности. По всем вариантам опыта, кроме варианта внесения двойной дозы минеральных удобрений на фоне навоза, почва не нуждалась в известковании.

Максимальные показатели суммы обменных оснований отмечены на варианте совместного применения органических и минеральных удобрений при внесении навоза – 27,5–27,9 мг-экв/100 г почвы. Минимальные значения характерны для фонового варианта, а также для вариантов применения разных доз минеральных туков на фоне навоза – 24,5–25,7 мг-экв/100 г почвы.

Значения емкости катионного обмена варьировали от 25,8 до 31,6 мг-экв/100 г почвы, что позволяет отнести почвы опытного участка к средней категории. Высокое содержание обменного кальция отмечено в 2020–2021 гг. в почвах известкованных вариантов, минимальные значения – на фоновом варианте, а также на вариантах применения минеральных удобрений на фоне внесения органических. По степени насыщенности основаниями почвы изучаемых вариантов относятся к категории насыщенных основаниями.

Определено, что все изучаемые почвы относятся к малогумусным. Содержание гумуса составляло 4,26–4,56%, за исключением варианта применения минеральных удобрений на известкованном фоне – 3,77–3,81%. Максимальное содержание гумуса отмечено на варианте совместного внесения удобрений и навоза – 4,51% в среднем за три года, что на 0,31% выше, чем на контрольном варианте. Минимальное содержание гумуса характерно для варианта 15 – 3,79%, что на 0,71% ниже, чем на контроле.

В среднем за три года выделение лабильного органического вещества составило на контроле 31,65%, на фоне – 30,70%, на варианте 3 – 42,43%, на варианте 5 – 32,94%, на варианте 12 – 20,40%, на варианте 13 – 20,09%, на варианте 15 – 40,14%. Можно сделать вывод о том, что применение кальциевого мелиоранта совместно с навозом способствует консервации гумуса, формированию менее подвижных его форм. Данный факт подтверждается тесной отрицательной корреляционной связью между содержанием обменного кальция и количеством лабильного органического вещества.

Рассчитано, что запасы гумуса в метровом слое варьировали от 368 т/га на варианте внесения двойной дозы минеральных удобрений по унавоженному фону (вариант 5) до 457 т/га на варианте внесения навоза (вариант 2). Степень гумификации органического вещества характеризовалась как высокая на всех анализируемых вариантах (более 40%). Выявлен гуматный тип гумуса почв всех анализируемых вариантов, кроме варианта внесения двойной дозы минеральных удобрений, гумус которого отнесен к фульватно-гуматному типу. Доля гумина составляла $\frac{1}{4}$ от общего содержания углерода в почве.

Таким образом, внесение кальциевого мелиоранта (навоза) не только улучшает показатели почвенной кислотности, степени насыщенности почв основаниями и др., но и снижает образование подвижных форм гумуса, препятствуя тем самым его вымыванию за пределы почвенных горизонтов.

Список источников

1. Артемьева З.С., Кириллова Н.П. Роль продуктов органо-минерального взаимодействия в структурообразовании и гумусообразовании основных типов почв центра Русской равнины // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2017. № 90. С. 73–95. DOI: 10.19047/0136-1694-2017-90-73-95.
2. Бруевич О.М. Влияние сельскохозяйственного использования на лабильные гумусовые вещества дерново-подзолистой почвы: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.13. Москва, 2011. 17 с.
3. Воробьева Л.А. Теория и практика химического анализа почв: монография. Москва: ГЕОС, 2006. 400 с.
4. Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., Байбеков Р.Ф. Практикум по почвоведению: учебное пособие. Москва: Агроконсалт, 2002. 280 с.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебное пособие. 5-е изд., доп. и перераб. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
6. Калужский А.Г., Масютенко Н.П., Масютенко М.Н. Пространственная изменчивость содержания и состава лабильных гумусовых веществ в черноземе типичном в зависимости от экспозиции склона, агрогенных факторов и связь их с микробной биомассой // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 4. С. 36–40.
7. Когут Б.М. Трансформация гумусового состояния черноземов при их сельскохозяйственном использовании // Почвоведение. 1998. № 7. С. 794–802.
8. Мамонтов В.Г., Артемьева З.С., Лазарев В.И. и др. Сравнительная характеристика свойств целинного, пахотного и залежного чернозема типичного Курской области // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2020. № 101. С. 182–201. DOI: 10.19047/0136-1694-2020-101-182-201.
9. Мамонтов В.Г., Афанасьев Р.А., Родионова Л.П., Быканова О.М. К вопросу о лабильном органическом веществе почв // Плодородие. 2008. № 2(41). С. 20–22.
10. Мамонтов В.Г., Афанасьев Р.А., Соколовская Е.Л. Лабильные гумусовые вещества – особая группа органических соединений чернозема обыкновенного // Плодородие. 2018. № 5(104). С. 15–19.
11. Мязин Н.Г., Кожокина А.Н. Калийный режим и агрохимические свойства чернозема выщелоченного при многолетнем применении удобрений под сахарную свеклу // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2015. № 4-2(47). С. 26–33.
12. Окоркова Л.А., Семин И.В. Влияние различных систем удобрения на изменение некоторых физико-химических свойств серой лесной почвы // Инновационные технологии в адаптивно-ландшафтном земледелии: сборник докладов международной научно-практической конференции ФГБНУ «Владимирский НИИСХ» (Суздаль, 29 – 30 июня 2015 г.). Суздаль: Прес-Старто, 2015. С. 276–281.
13. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Розанова М.С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов // Почвоведение. 2004. № 8. С. 918–926.
14. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв. Москва: Изд-во Московского гос. ун-та, 1974. 333 с.
15. Шеуджен А.Х., Онищенко Л.М., Исупова Ю.А. Влияние длительного применения удобрений на физико-химические и агрохимические свойства почвы, урожайность и качество сои // Плодородие. 2013. № 1(70). С. 26–28.
16. Saljnikov E., Cakmak D., Rahimgdieva S. Soil organic matter stability as affected by land management in steppe ecosystem // In book: Soil Processes and Current Trends in Quality Assessment. Ch. 10. Publisher: Intech Open Access Publisher, 2013. Pp. 269–310.
17. Wander M. Soil organic matter fractions and their relevance to soil function // In F. Magdoff, & R. Weil (Eds.). Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture. Ch. 3. Boca Raton, FL: CRC Press, 2004. Pp. 67–102. DOI: 10.1201/9780203496374.ch3.

References

1. Artemyeva Z.S., Kirillova N.P. Rol' produktov organo-mineral'nogo vzaimodejstviya v strukturoobrazovanii i gumusoobrazovanii osnovnykh tipov pochv Tsentra Russkoj ravniny [The role of organic and mineralogical interaction products in the structure forming and humus forming of the basic types of soils in the center of Russian plain]. *Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva = Dokuchaev Soil Bulletin*. 2017;90:73-95. DOI: 10.19047/0136-1694-2017-90-73-95. (In Russ.).
2. Bruevich O.M. Vliyaniye sel'skokhozyajstvennogo ispol'zovaniya na labil'nye gumusovye veshchestva dernovo-podzolistoj pochvy [Influence of agricultural use on labile humic substances of soddy-podzolic soil]: avtoreferat dissertatsii ... kandidata biologicheskikh nauk: 03.02.13 = Author's Abstract of Candidate Dissertation in Biological Sciences: 03.02.13. Moscow; 2011. 24 p. (In Russ.).
3. Vorobieva L.A. Teoriya i praktika khimicheskogo analiza pochv: monografiya [Theory and practice of chemical analysis of soils: monograph]. Moscow: GEOS; 2006. 400 p. (In Russ.).
4. Ganzhara N.F., Borisov B.A., Baibekov R.F. Praktikum po pochvovedeniyu: uchebnoe posobie [Workshop on soil science: study guide]. Moscow: Agrokonsul; 2002. 280 p. (In Russ.).
5. 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. 5th ed., revised and enlarged]. Moscow: Agropromizdat; 1985. 351 p. (In Russ.).
6. Kaluzhski A.G., Masyutenko N.P., Masyutenko M.N. Prostranstvennaya izmenchivost' soderzhaniya i sostava labil'nykh gumusovykh veshchestv v chernozeme tipichnom v zavisimosti ot ekspozitsii sklona, agroennykh faktorov i svyaz' ikh s mikrobnoj biomasoj [Spatial variability of the content and composition of labile humic substances in typical chernozem depending on slope exposure, agrogenic factors and their relationship with microbial biomass]. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skokhozyajstvennoj akademii = Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2013;4:36-40. (In Russ.).

7. Kogut B.M. Transformatsiya gumusovogo sostoyaniya chernozemov pri ikh sel'skokhozyajstvennom ispol'zovanii [Transformation of humus status in cultivated chernozems]. *Pochvovedenie = Eurasian Soil Science*. 1998;7:794-802. (In Russ.).
8. Mamontov V.G., Artemyeva Z.S., Lazarev V.I. et al. Sravnitel'naya kharakteristika svoystv tselinnogo, pakhotnogo i zalezhnogo chernozema tipichnogo Kurskoj oblasti [Comparative characteristics of the properties of halpic chernozem of the Kursk region of different land use]. *Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva = Dokuchaev Soil Bulletin*. 2020;101:182-201. DOI: 10.19047/0136-1694-2020-101-182-201. (In Russ.).
9. Mamontov V.G., Afanasiev R.A., Rodionova L.P., Bykanova O.M. K voprosu o labil'nom organicheskom veshchestve pochv [On the issue of labile soil organic matter]. *Plodorodie = Soil Fertility*. 2008;2(41):20-22. (In Russ.).
10. Mamontov V.G., Afanasyev R.A., Sokolovskaya E.L. Labil'nyye gumusovyye veshchestva – osobaya gruppa organicheskikh soedinenij chernozema obyknovennogo [Labile humic substances – a special group of organic compounds of ordinary chernozem]. *Plodorodie = Soil Fertility*. 2018;5(104):15-19. (In Russ.).
11. Myazin N.G., Kozhokina A.N. Kalijnyj rezhim i agrokhimicheskie svoystva chernozema vyshchelochennogo pri mnogoletnem primenenii udobrenij pod sakharnuyu sveklu [Potassium status and agrochemical properties of leached chernozem under long-term application of fertilizers for sugar beet]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2015;4-2(47):26-33. (In Russ.).
12. Okorkova L.A., Semin I.V. Vliyaniye razlichnykh sistem udobreniya na izmeneniye nekotorykh fiziko-khimicheskikh svoystv seroj lesnoj pochvy. Innovatsionnyye tekhnologii v adaptivno-landshaftnom zemledelii: sbornik dokladov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii FGBNU "Vladimirskij NIISKH" (Suzdal', 29-30 iyunya 2015 g.) [Influence of various fertilizer systems on changes in some physical and chemical properties of gray forest soil. Innovative technologies in adaptive landscape agriculture: collection of reports of the International Research-to-Practice Conference of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Vladimir Research Institute of Agriculture" (Suzdal, June 29-30, 2015)]. Suzdal: PresSto; 2015:276-281. (In Russ.).
13. Orlov D.S., Biryukova O.N., Rozanova M.S. Dopolnitel'nye pokazateli gumusnogo sostoyaniya pochv i ikh geneticheskikh gorizontov [Additional indicators of the humus status of soils and their genetic horizons]. *Pochvovedenie = Eurasian Soil Science*. 2004;(8):918-926. (In Russ.).
14. Orlov D.S. Gumusovyye kisloty pochv [Soil humic acids]. Moscow: Moscow State University Press; 1974. 333 p. (In Russ.).
15. Sheudzhen A.Kh., Onishchenko L.M., Isupova Yu.A. Vliyaniye dlitel'nogo primeneniya udobrenij na fiziko-khimicheskie i agrokhimicheskie svoystva pochvy, urozhaynost' i kachestvo soi [Effect of the long-term application of fertilizers on the physicochemical and agrochemical properties of soil and the yield and quality of soybean]. *Plodorodie = Soil Fertility*. 2013;1(70):26-28. (In Russ.).
16. Saljnikov E., Cakmak D., Rahimgdieva S. Soil organic matter stability as affected by land management in steppe ecosystem. In book: *Soil Processes and Current Trends in Quality Assessment*. Ch. 10. Publisher: Intech Open Access Publisher; 2013:269-310.
17. Wander M. Soil organic matter fractions and their relevance to soil function. In F. Magdoff, & R. Weil (Eds.). *Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture*. Ch. 3. Boca Raton, FL: CRC Press; 2004:67-102. DOI: 10.1201/9780203496374.ch3.

Информация об авторах

Е.С. Гасанова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, зав. кафедрой агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», upravlenieorp@mail.ru.

А.В. Малявская – аспирант кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», angelina.malyavskaya@mail.ru.

К.Е. Стекольников – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», soil@agrochem.vsau.ru.

Н.Г. Мязин – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», agrohimi@agronomy.vsau.ru.

Information about the authors

E.S. Gasanova, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Head of the Dept. of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, upravlenieorp@mail.ru.

A.V. Malyavskaya, Postgraduate Student, the Dept. of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, angelina.malyavskaya@mail.ru

K.E. Stekolnikov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, soil@agrochem.vsau.ru.

N.G. Myazin, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, agrohimi@agronomy.vsau.ru.

Статья поступила в редакцию 25.04.2023; одобрена после рецензирования 28.05.2023; принята к публикации 16.06.2023.

The article was submitted 25.04.2023; approved after reviewing 28.05.2023; accepted for publication 16.06.2023.

© Гасанова Е.С., Малявская А.В., Стекольников К.Е., Мязин Н.Г., 2023

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

Обзорная статья

УДК 632.938:581.55

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_3_53

EDN: QRAKXX

**Методы и средства интегрированной защиты
картофеля от вредных организмов****Александр Иванович Илларионов^{1✉}, Андрей Александрович Деркач², Иван Сергеевич Торопчин³**¹Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия^{2, 3}Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Рамонский район,
Воронежская область, Россия¹Illarionov-Alexandr@yandex.ru[✉]

Аннотация. Представлен анализ научной информации о фитосанитарном состоянии агроценоза картофеля, а также современных методах и средствах ограничения плотности популяций вредных организмов. Экономическое значение приобрели следующие виды возбудителей болезней картофеля: фитофтороз, альтернариоз, макроспориоз, ризоктониоз, порошистая парша картофеля, вирусные болезни, черная ножка, фомоз, сухая фузариозная гниль. Из насекомых-фитофагов опасность культуре представляют проволочники, ложнопроволочники, гусеницы озимой совки, колорадский жук, различные виды клопов. На величину урожая картофеля и его качество существенное влияние оказывает степень засоренности культуры. На территории Центрального Черноземья встречаются практически все известные группы сорных растений. Система защиты культуры включает мероприятия как профилактического, так и оперативного плана. Выращивание наиболее устойчивых к отдельным видам вредных организмов сортов картофеля рассматривается как экологическая основа фитосанитарной оптимизации культуры. Имеющаяся информация в научной литературе по оценке устойчивости сортов картофеля к возбудителям болезней и/или фитофагам свидетельствует о перспективности данного направления исследований. Так, уже выявлена комплексная устойчивость к нескольким болезням у отечественных и зарубежных сортов картофеля различных групп спелости. Значительная роль в повышении устойчивости картофеля к фитопатогенам отводится средствам иммунологического метода – препаратам-иммуноиндукторам. Для защиты картофеля от вредных организмов предложен значительный перечень зарегистрированных химических средств. В настоящее время актуальными являются исследования по разработке технологий рационального применения химических и биологических средств с иммуномодуляторами, ростстимуляторами, микроудобрениями и антистрессорами. Научно обоснованная тактика их применения при выращивании картофеля в соответствующих почвенно-климатических условиях на фоне своевременного и качественного использования профилактических приемов и средств, несомненно, обеспечит эффективное ограничение не только популяций вредных организмов, но и снижение пестицидной нагрузки на агроценоз и, как следствие, получение запланированного урожая высокого качества.

Ключевые слова: картофель, вредные организмы, методы и средства защиты, профилактические методы, оперативные методы

Для цитирования: Илларионов А.И., Деркач А.А., Торопчин И.С. Методы и средства интегрированной защиты картофеля от вредных организмов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 3(78). С. 53–68. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_53-68.

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

Review

Methods and means of integrated protection of potato crop from pests**Aleksandr I. Illarionov^{1✉}, Andrey A. Derkach², Ivan S. Toropchin³**¹Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia^{2, 3}All-Russian Research Institute of Plant Protection, Ramonsky District, Voronezh Oblast, Russia¹Illarionov-Alexandr@yandex.ru[✉]

Abstract. The authors have analyzed the scientific information on the phytosanitary state of potato agroecosystem, as well as modern methods and means of limiting the density of pest populations. The following types of pathogens of potato diseases have gained economic importance: late blight, alternaria blight, macrosporiosis, rhizoctoniosis, powdery scab of potato, viral diseases, blackleg, phoma rot, and fusarium dry rot. As for phytophagous insects, the following species pose a danger to the crop: wireworms, false wireworms, cutworms, Colorado potato beetle, and various bug species. The degree of crop infestation has a significant impact on the size of potato yield and its quality. Almost all known groups of weeds are found in the territory of the Central Chernozem Region. The crop protection system includes both preventive and urgent measures. Cultivation of potato varieties that are most resistant to certain types of pests is considered to be the ecological basis for phytosanitary crop optimization. The information

available in the scientific literature on the assessment of resistance of potato varieties to pathogens and/or phytophages indicates the long-term benefits of this area of research. For instance, complex resistance to several diseases has already been revealed in domestic and foreign varieties of potato of various ripeness groups. A significant role in increasing the resistance of potato to phytopathogens is given to immunological preparations, i.e. immunoinductors. A significant list of registered chemicals has been proposed to protect potato from harmful organisms. At present, relevant studies are those on the development of technologies for the rational use of chemical and biological agents with immunomodulators, growth stimulants, microfertilizers and anti-stress agents. The scientifically based tactics of their use in growing potato in appropriate soil and climatic conditions against the background of timely and qualified use of preventive methods and means will undoubtedly provide not only an effective limitation of pest populations, but also a reduction in pesticide load on the agrocenosis, and, consequently, will allow obtaining the planned harvest of high quality.

Key words: potato, pests, methods and means of protection, preventive methods, operating methods

For citation: Illarionov A.I., Derkach A.A., Toropchin I.S. Methods and means of integrated protection of potato crop from pests. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(3):53-68. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_53-68.

К артофель (*Solanum tuberosum* L.) – важнейшая продовольственная культура, обеспечивающая питание населения и продовольственную безопасность государства. Клубни картофеля содержат 10–20% крахмала и около 2% белка (туберина), являются сырьем для спиртовой, крахмало-паточной, текстильной и химической промышленности. По данным Росстата [46], за последние годы посевные площади под картофелем в России существенно сократились и в 2020 г. составили 1188 тыс. га. Урожайность культуры в 2010–2020 гг. варьировала в пределах от 150 до 178 ц/га. Потенциальная возможность этой культуры позволяет получать урожаи в 30–40 т/га и более. Центральное Черноземье относится к основным районам картофелеводства, где урожайность также может быть выше достигнутого уровня.

На реализацию генетического потенциала сортов картофеля в плане урожайности и качества клубней существенное влияние оказывают различные виды вредных организмов. Паразитирование фитофагов, фитопатогенов на растениях картофеля, а также заселение агроценоза представителями сорных растений, как правило, приводит к снижению урожая и его качества.

Виды вредных организмов в агроценозе картофеля

В настоящее время существенное экономическое значение приобрели следующие виды болезней картофеля:

- **фитофтороз**, вызываемый оомицетом *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary [44, 48], пораженность в зависимости от сорта может достигать от 30 до 100% [35];

- **альтернариоз**, вызываемый комплексом видов грибов рода *Alternaria* (*A. solani* и *A. alternata*) [19, 38, 44];

- **макроспориоз**, возбудителем которого является гриб *Macrosporium solani* Ellis et Martin;

- **ризиктониоз** (черная парша), возбудителем которого является базидиомицет *Rhizoctonia solani* J.G. Kuhn, телеоморфа – *Thanatephorus cucumeris* (= *Hypochnus solani*) [37];

- **порошистая парша картофеля**, вызываемая плазмодиомицетом *Spongospora subterranean* (Wallr.) Lagerh. [23];

- **черная ножка** – мягкая или мокрая гниль, возбудители – *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*, *P. atrosepticum*, *Dickeya* spp. Центральное Черноземье является зоной средней вредоносности черной ножки картофеля [39];

- **кольцевая гниль** картофеля (*Clavibacter michiganensis* subsp. *sipedonicus*);

- **фомоз** (пуговичная болезнь, гангрена, фомозная гниль) и **сухая фузариозная гниль** клубней картофеля, доля которых в комплексе болезней составляет 7–100%. Возбудителями фомоза являются два штамма гриба *Phoma solanica* (стеблевой *Ph. s. f. foveata* и клубневой *Ph. s. f. solanica*), а также сумчатая стадия *Ophiobolus porphyrogonus*. Возбудителями сухой фузариозной гнили, или фузариоза, являются грибы рода *Fusarium* spp. [14].

Значительный ущерб культуре причиняют нематоды. **Золотистая картофельная нематода** – *Globodera roctochiensis* – карантинный вредитель. Менее вредоносна **стеблевая нематода** *Ditylenchus destructor* [16]. В последние годы в нескольких регионах России, в том числе в Воронежской и ряде других областей Центрального Черноземья, серьезную проблему представляет увядание растений различной этиологии, прежде всего фузариозное [24, 45]. Особое место среди болезней картофеля занимают вирусные, которые встречаются повсеместно, где возделывается картофель, и при широком распространении наносят большой вред, вызывая значительные потери урожая и снижение качества клубней. Поражение картофеля альтернариозом, ризоктониозом, паршой серебристой, фузариозным увяданием, черной ножкой, болезнями неясной и смешанной этиологии нарастает [45].

Из насекомых-фитофагов, паразитирующих в агроценозе картофеля, в том числе и в условиях ЦЧР, представляют опасность: **проволочники** – личинки жуков семейства шелкунов (Elateridae, Coleoptera); **ложнопроволочники** – личинки жуков чернотелок (Tenebrionidae), повреждающие клубни картофеля [7, 30, 44]; гусеницы **озимой совки** *Agrotis segetum* Schiff., а также **тли**: оранжерейная (*Myzodes persicae* Sulz.), крушинная (*Aphis nasturtii* Kalt.), большая картофельная (*Macroziphum euphorbiae* Thom.), обыкновенная картофельная (*Aulacorthium solani* Kalt.) – переносчики вирусной инфекции [44]. Особенно вредоносным насекомым продолжает оставаться **колорадский жук** *Leptinotarsa decemlineata* Say. [30, 43]. На посадках картофеля паразитируют **различные виды клопов**, из них наиболее вредоносны: клоп картофельный (*Calocoris norvegicus* Gmel); клоп луговой, или полевой (*Lygus pratensis* L.); клоп люцерновый обыкновенный, или слепняк люцерновый (*Adelphocoris lineolatus* Goeze); клоп свекловичный, или бурый свекловичный (*Poeciloscytus cognatus* Fieb, *Polymerus cognatus* Fieb) и др. [13].

Помимо фитофагов и фитопатогенов на величину урожая картофеля и его качество существенное влияние оказывает степень засоренности культуры. На территории Центрального Черноземья встречаются практически все известные группы сорных растений, поэтому производство картофеля сопряжено с необходимостью эффективной защиты культуры от фитофагов, фитопатогенов и сорных растений.

Ограничение вредных организмов в агроценозах картофеля

В настоящее время защита картофеля от вредных организмов интегрирует различные методы и средства, которые условно делятся на две группы: мероприятия профилактические (предупредительные) и оперативные (истребительные).

1. Профилактические мероприятия

Важная роль в защите картофеля от вредных организмов принадлежит организационно-хозяйственным и агротехническим мероприятиям, прежде всего – севообороту. Монокультура картофеля способствует формированию стабильных очагов размножения и накопления вредных организмов, превращающихся в их резерваты. Бессменная культура приводила к увеличению количества патогенных грибов родов *Aspergillus*, *Acremonium*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Verticillium* и др. [24]. При 25% насыщении севооборота картофелем, предшественником которого были овес или овес с горохом, проявление патологических признаков у растений снижалось в 1,7 раза, количество полезной энтомофауны увеличивалось в 1,6 раза.

Выращивание культуры на одном и том же месте не чаще одного раза в 4 года заметно ограничивает вредоносность таких опасных насекомых, как колорадский жук и проволочники [30]. Пораженность картофеля паршой при выращивании по вспашке после зерновых и зернобобовых культур снижалась в 1,5–2,0 раза, а поврежденность проволочниками – в 3–4 раза [45]. Из-за длительного сохранения возбудителя порошистой парши картофеля в почве (от 6 до 13 лет) рекомендуется избегать даже коротких севооборотов [23]. Севооборот с интервалом в 4 года является необходимым мероприятием и в отношении ризоктониоза [6]. Севооборот имеет основополагающее значение в за-

щите посевов картофеля от сорняков. При нарушении севооборота засоренность посевов возрастает в 2–5 раз. Севооборот снижает засоренность посевов на более длительное время, чем ежегодная классическая вспашка. Не менее важен выбор оптимального предшественника для культуры – озимые зерновые культуры, многолетние травы, чистый и занятый пары [6, 24, 45].

Пространственная изоляция. В условиях Центрального региона России одним из основополагающих принципов ведения оригинального семеноводства картофеля является изолированность расположения земельных участков, обеспечивающая необходимое пространственное удаление здорового материала от любых возможных источников вирусной инфекции (посадки продовольственного картофеля, дачи, огороды и пр.) Полевое размножение (1–2 поколения) осуществляется при удалении на 500 м от любых других классов семенного картофеля. Питомники суперэлиты и элиты должны быть удалены на 100 м от более низких классов семенных и товарных посадок [2].

Выращивание сортов картофеля, устойчивых к фитопатогенам и фитофагам

Имеющаяся информация в научной литературе по оценке устойчивости сортов картофеля к возбудителям болезней и/или фитофагам свидетельствует о перспективности данного направления не только для исследований, но и реализации на практике. Так, уже выявлена комплексная устойчивость к нескольким болезням у отечественных и зарубежных сортов картофеля различных групп спелости [24]. Выявлена группа перспективных в селекционном отношении сортов, сочетающих устойчивость к нематоду с толерантностью к вирусной инфекции и толерантных только к вирусной инфекции, практически не обнаруживаемой визуально, но определяемой тестами ИФА [47]. Выявлены сорта картофеля, устойчивые к фитофторозу и ризоктониозу; к фитофторозу и альтернариозу; к фитофторозу, альтернариозу и парше обыкновенной; к фитофторозу, альтернариозу и ризоктониозу [6]. Выращивание устойчивых сортов является основой системы борьбы с глободерозом картофеля [49].

Также выделены сорта с групповой устойчивостью к колорадскому жуку, проволочникам и гусеницам подгрызающих совок рода *Agrotis sp.* [27] и только к колорадскому жуку [40, 41].

Средства иммунологического метода. Значительная роль в повышении устойчивости растений в том числе и картофеля, к фитопатогенам отводится средствам иммунологического метода [29]. По данным Н.А. Павловой [42], индукторы болезнестойкости – хитозан, салициловая и арахионовая кислоты, применяемые путем предпосадочной обработки мини клубней и двукратного опрыскивания вегетирующих растений, повышают устойчивость сорта Елизавета к заражению вирусом Y, альтернариозу вегетирующих растений, черной парше (ризоктониозу) на клубнях нового урожая с биологической эффективностью соответственно 100, 95 и 73%.

Исследованиями в лабораторных и мелкоделяночных полевых опытах установлено, что хитозар 44,6%, ВРП (44,6 г/кг), фитохит, ВРП (500 г/кг), хитозар У, ВРК (5 г/л) проявляли высокую биологическую эффективность против ризоктониоза картофеля при предпосадочной обработке клубней. Хитозар Ф, ВРК (7 г/л) эффективен в защите картофеля от ранней сухости, а против фитофтороза его эффективность находилась в пределах от 65 до 100% на фоне низкого и умеренного развития болезни [22].

Биологическая эффективность препаратов на основе хитозана с добавлением микроэлементов меди или бора против ризоктониоза на столонах и корнях картофеля была достаточно высокой и достигала 75–94%, а развитие склероциев на клубнях нового урожая находилась в пределах от 74 до 88%. Хитозары по эффективности против ризоктониоза не уступали химическим фунгицидам. Достаточно высокую эффективность хитозары показали против фитофтороза и альтернариоза картофеля [34]. Отмечена иммунизация растений против ризоктониоза, альтернариоза, парши и фитофтороза на ботве и клубнях картофеля при применении полифункционального биопрепарата Альбит [26].

В России зарегистрированы препараты-индукторы болезнеустойчивости картофеля с полифункциональными свойствами на основе как природных, так и синтетических веществ [15]. Для повышения устойчивости к неблагоприятным факторам среды, возбудителям болезней, увеличения урожайности и улучшения качества продукции зарегистрированы трехкомпонентные препараты Агат-25 Супер, ТПС (18 + 60 + 70 мг/кг) и Беркана, ВРК (18 + 70 + 60 мг/кг) на основе *3-индолилуксусной кислоты* + *α-аланина* + *α-глутаминовой кислоты* для обработки клубней перед посадкой и также опрыскивания растений. Для этой же цели рекомендуются: *гидроксикоричная кислота* в форме препарата Циркон, Р (0,1 г/л) для предпосадочной обработки клубней и опрыскивания растений; *дигидрокверцетин* в форме препарата АгроСтимул, ВЭ (50 г/л) – для предпосадочной обработки клубней и опрыскивания; *коллоидное серебро* + *полигексаметилен-бигуанид гидрохлорид* в форме препаратов Зеребра Агро, ВР (500 + 100 мг/л) и Плантарел, ВР (0,5 + 0,5 г/л) – для предпосевной обработки клубней и опрыскивания в фазе бутонизации; *ортокрезоксисукусная кислота (триэтаноламмониевая соль)* в форме препарата Крезацин, КРП, ТАБ (950 г/кг) – для предпосадочной обработки клубней и опрыскивания растений; *ортокрезоксисукусная кислота (триэтаноламмониевая соль)* + *1-хлорметилсилатран* в форме препарата Энергия-М, КРП, ТАБ (855 + 95 г/кг) – для предпосадочной обработки клубней и опрыскивания растений; *поли-β-гидроксимасяная кислота* + *магний сернокислый* + *калий фосфорнокислый* + *калий азотнокислый* + *карбамид* в форме препарата Альбит, ТПС (6,2 + 29,8 + 91,1 + 91,2 + 181,5 г/кг) – для обработки клубней перед посадкой и опрыскивания растений; *продукты метаболизма эндофитного гриба *Mycelium radialis* var. *Ledum**, штамм НЖ-13 в форме препарата Мицефит, ВРП (136 г/кг) – для обработки клубней перед посадкой и опрыскивания растений в фазе бутонизации; *тритерпеновые кислоты* в форме препаратов Новосил, ВЭ (100 г/л), Вэрва, ВЭ (10 г/л), Альфастим, ВЭ (100 г/л) – для предпосадочной обработки клубней и опрыскивания растений. Повышение устойчивости картофеля к болезням достигается опрыскиванием растений в фазе бутонизации *24-эпибрассинолидом* в форме препарата Эпин-Экстра, Р (0,025 г/л); предпосадочной обработкой клубней *28-гомобрассинолидом* + *долихолид* + *брассинон* в форме препарата Эпивио Вигор, Ж (0,025 + 0,02 + 0,02); продуктами метаболизма симбионтного гриба *Acremonium lichenicola* в форме препарата Эмистим, Р (0,01 г/л); *арахидоновой кислотой* в форме препаратов ОберегЪ, Р (0,15 г/л), Проросток, Р (0,015 г/л); *поли-β-гидроксимасяной кислотой* в форме препарата Карбонадо, ТПС (6,2 г/кг) и др.

Средства агротехнического метода. Важная роль в ограничении плотности популяций вредных организмов в агроценозе картофеля принадлежит агротехническим мероприятиям. Прежде всего, это система обработки почвы под картофель. Для картофеля наиболее благоприятна рыхлая, хорошо аэрируемая почва. Установлено, что замена вспашки на дискование приводила к росту вредоносности патогенов, фитофагов и засоренности многолетними сорными растениями [24]. Все виды вспашки нарушают условия перезимовки колорадского жука, а также способствуют механическому уничтожению значительной части кладок яиц, личинок младших возрастов на листьях нижнего яруса растений и предкуколок, куколок и отрождающихся молодых жуков, находящихся в поверхностном слое почвы [43]. Кроме того, при обработке почвы в сухую и теплую погоду в результате иссушения погибают извлеченные обработками на поверхность почвы куколки щелкунов, не успевшие при высоких температурах зарыться в почву, а в самых поверхностных иссушенных слоях почвы происходит значительная гибель яиц и молодых личинок щелкунов. Извлеченные на поверхность сухой почвы молодые личинки не успевают зарываться в нее и уходить в более влажные слои почвы. Извлечение на поверхность почвы личинок и куколок во время обработки делает их более доступными для птиц и хищных насекомых. Кроме того, рыхление почвы облегчает доступ хищным насекомым и в поверхностные, и в более глубокие слои пахотного горизонта [7].

Внесение органических и минеральных удобрений, содержащих микроэлементы, способствует не только увеличению урожая культуры и улучшению его качества, но и повышению устойчивости растений к болезням и вредителям. Норма внесения удобрений зависит от агрохимических показателей почвы и планируемого урожая [24, 45].

Выращивание сидератов из семейства Капустные (горчица сарепская, белая, редька обыкновенная) эффективно в качестве биофумигантов против ряда почвенных грибных патогенов, в том числе и *Spongospora subterranean*, и картофельных цистообразующих нематод (*Globodera pallida*). В почве вторичные метаболиты растений (глюкозинолаты) разрушаются до летучих соединений (изотиоцианатов), которые и оказывают фумигирующий эффект на фитопатогенов и нематод [23].

В борьбе с проволочниками, совками, листогрызущими вредителями и сорной растительностью эффективна аммиачная вода (или мочевины) [24]. Внесение аммиачной воды под картофель одновременно с его окучиванием способствует уничтожению предкуколок, куколок и имаго колорадского жука. Создание сверхранних и ранних приманочных посадок картофеля способствует концентрации на них колорадского жука, выходящего с мест зимовки, с целью его уничтожения еще до появления всходов картофеля основного срока посадки. Предуборочное уничтожение ботвы и тщательная уборка клубней сокращают возможности полноценного наживочного питания для значительной части жуков молодых (летних) поколений в период подготовки к зимней диапаузе, что ухудшает их физиологическое состояние и в результате вызывает гибель во время зимовки [43].

Важно использовать такие агротехнические приемы, как сохранение влаги в верхнем слое почвы (удаление почвенной корки, усиливающей испарение, мульчирование и др.). При недостатке влаги резкие перепады температуры воздуха ослабляют иммунный статус культуры, что облегчает возбудителям грибной и бактериальной природы возможность поражать такие растения, вызывая их увядание [45].

2. Оперативные мероприятия

Не умаляя значение профилактических приемов и средств, тем не менее следует учитывать, что они не всегда обеспечивают надежную защиту культуры от вредных организмов, поэтому во многих случаях сокращение плотности популяций фитофагов, фитопатогенов и сорных растений до приемлемого уровня без применения средств оперативных методов в настоящее время не представляется возможным.

Средства биологического метода. Средства биологического метода включают живые многоклеточные организмы – энтомофаги и акарифаги, микробиологические продукты (на основе живых микроорганизмов, спор и продуктов их жизнедеятельности) и биохимические (на основе как биологических веществ-метаболитов, полученных путем микробиологического синтеза, так и различных продуктов, включая экстракты из различного сырья растительного и животного происхождения).

В энтомопатогенных препаратах (инсектицидах) используются бактерии *Bacillus thuringiensis*, грибы *Beauveria bassiana*, *Verticillium lecanii*, нематоды *Steinernema carpocapsae*, *Steinernema feltiae*. Биофунгициды, как правило, создаются на основе грибов-антагонистов рода *Trichoderma*, бактерий pp. *Bacillus*, *Pseudomonas*, актиномицетов p. *Streptomyces* и других микроорганизмов [32]. Хорошо известно то, что энтомофаги могут снижать численность колорадского жука [17] и проволочников [7]. Тем не менее энтомофаги не всегда в состоянии сдерживать развитие вредителей ниже экономически значимого уровня, поэтому существует необходимость использования оперативных защитных мероприятий с помощью микробиологических препаратов.

Значительная роль в ограничении численности колорадского жука отводится биопрепаратам, созданным на основе энтомопатогенных микроорганизмов [33]. В условиях лесостепи ЦЧР биологическая эффективность микробиологического инсектицида Битоксибациллин (д. в. споро-кристаллический комплекс *Bacillus thuringiensis*,

var. Thuringiensis и БА-1500 ЕА/мг на основе экзотоксина) против колорадского жука при учете на 14-е сутки после применения составляла 45–49% [10]. В лабораторных исследованиях, выполненных И.В. Бойковой с соавт. [9], установлена высокая эффективность нового образца препаративной формы биоинсектицида на основе штамма *Bacillus thuringiensis* ВТ16 Т100 против центрального экотипа колорадского жука (воронежская популяция). После обработки водной суспензией в концентрации 1,0 и 0,5% преимагинальная гибель особей составила 89–100%. Авторы также выявили разную чувствительность личинок и имаго колорадского жука, принадлежащего к южному, северному и центральному экотипам. Это обуславливает, по мнению авторов, необходимость строго соблюдать принцип зонального подхода при разработке биологических и интегрированных систем защиты картофеля от колорадского жука с использованием биоинсектицидов. Осенняя заделка при вспашке зеленой массы горчицы белой, обработанной смесью биопрепаратов Боверина (3–4 кг/га) и Актофита (2–2,5 кг/га на 300–400 л воды), обеспечивала значительное повышение урожайности картофеля за счет резкого снижения численности колорадского жука в период зимовки и пораженности клубней фузариозом. Наиболее высокий эффект в практике бессменной культуры картофеля достигнут при посеве после горчицы, обработанной смесью биопрепаратов [4]. В условиях лесостепи ЦЧР биологическая эффективность против колорадского жука аверсектина С в форме препарата Фитоверм, КЭ (2 г/л) составляла 63–67%, авертина N в форме препарата Акарин, ВЭ (2 г/л) – 65–69% [10].

В настоящее время в России для ограничения численности и вредоносности колорадского жука зарегистрированы различные коммерческие препараты [15]: однокомпонентные микробиологические инсектициды на основе *Beauveria bassiana* в форме препарата Биослип БВ, Ж (титр не менее 1×10^8 КОЕ/мл ОРВ); *Bacillus thuringiensis* в форме препарата Биослип БТ, П (титр не менее 1×10^{10} КОЕ/г); *Bacillus thuringiensis, var. Thuringiensis*, штамм 98 в форме препарата Битоксибациллин, П (БА-1500 ЕА/мг, титр не менее 20 млрд спор/г); двухкомпонентный инсектицид на основе *Bacillus thuringiensis B-82 + Bacillus subtilis B-76* в форме препарата Инсектобактерин, СП (титр не менее $10^9 +$ титр не менее 10^9 КОЕ/г); трехкомпонентный инсектицид на основе *Bacillus thuringiensis + Streptomyces sp. + Beauveria bassiana* в форме препарата Биостоп, Ж (БА-2000 ЕА/мл, титр не менее $10^9 + 10^8 + 10^8$ КОЕ/мл). В качестве биологического инсектицида против колорадского жука рекомендуется применение *аверсектина С* в форме препаратов Фитоверм, КЭ (2 г/л), Фитоверм М, КЭ (2 г/л), Фитоверм, КЭ (10 г/л), Фитоверм, КЭ (50 г/л), Фитоверм Форте, КЭ (10 г/л). В исследовании А.В. Бутова [10] биологическая эффективность против колорадского жука Фитоверма, КЭ (2 г/л) при учете на 14-е сутки после применения препарата составляла 63–67%. Перспективно использование энтомопатогенных нематод для ограничения численности колорадского жука [18], а также проволочников [1, 21].

Для ограничения вредоносности возбудителей болезней картофеля рекомендуется целый ряд биофунгицидов для предпосадочной обработки клубней [15]. Так, для ограничения вредоносности фитофтороза и ризоктониоза используют биофунгицид на основе бактерии-антагониста *Bacillus subtilis* в форме препарата Бактерра, СП (титр не менее 10^9 КОЕ/г) или препарат Фитоспорин-М, Ж (титр не менее 1 млрд живых клеток и спор/мл) на основе *Bacillus subtilis*, штамм 26 Д и др. Для защиты картофеля от фитофтороза, альтернариоза и макроспориоза рекомендуется *Bacillus subtilis*, штамм 63-Z в форме препарата Баксис, Ж (титр не менее 10^9 КОЕ/мл) или препарат Ризоплан, Ж (1 млрд КОЕ/мл) на основе *Pseudomonas fluorescens*, штамм AP-33. Для этой же цели рекомендуется *Bacillus subtilis*, штамм Ч-13 в форме препарата БисолбиСан, Ж (титр не менее 100 млн КОЕ/мл). Фузариоз, альтернариоз, фитофтороз ограничивают *Bacillus subtilis*, штамм В-10 ВИЗР в форме препарата Алирин-Б, Ж (титр не менее 10^9 КОЕ/мл). Двухкомпонентный фунгицид на основе *Bacillus subtilis*, штамм ВКМ-В-2604D + *Bacillus*

subtilis, штамм ВКМ-В-2605D в форме препарата Витаплан, СП (титр $10^{10} + 10^{10}$ КОЕ/г) зарегистрирован против альтернариоза, фитофтороза и ризоктониоза картофеля. Двухкомпонентный фунгицид на основе *Bacillus subtilis* + *Trichoderma viride*, штамм 4097 в форме препарата Споробактерин, СП (титр не менее 10^8 КОЕ/г + титр не менее 10^6 КОЕ/г) зарегистрирован для защиты картофеля от макроспориоза, фитофтороза и ризоктониоза. Можно защищать культуру от фитофтороза и альтернариоза опрыскиванием растений в период вегетации препаратом Бактофит, СП (БА-10000 ЕД/г, титр не менее 2 млрд спор/г) на основе *Bacillus subtilis*, штамм ИПМ 215 и другими препаративными формами или препаратом БисолбиСан, Ж (титр не менее 100 млн КОЕ/мл) для профилактики и при появлении первых признаков болезни с интервалом 10–15 дней. Инсектофунгицид на основе *Bacillus thuringiensis* В-82 + *Bacillus subtilis* В-76 в форме препарата Инсектобактерин, СП (титр не менее 10^9 + титр не менее 10^9 КОЕ/г) рекомендуется для защиты картофеля от фитофтороза (опрыскивание растений в период вегетации с интервалом 5–10 дней). При слабом развитии ризоктониоза клубни можно обрабатывать за 1–2 суток до посадки препаратом Псевдобактерин-3, Ж (титр 2×10^9 КОЕ/мл) на основе *Pseudomonas aureofaciens*, штамм ВКМ В-2391Д, а при слабом развитии фитофтороза проводить опрыскивание растений этим же препаратом в период вегетации: первое – профилактическое в фазе смыкания рядков, второе – с интервалом 10–15 дней. Зарегистрированы и другие микробиологические фунгициды для защиты картофеля от возбудителей болезней.

Средства химического метода. Решающим методом ограничения численности и вредоносности фитофагов, фитопатогенов и сорных растений в настоящее время остается применение химических средств.

Использование инсектицидов. Для ограничения популяции колорадского жука зарегистрированы препараты из различных классов химических соединений [15]. В числе хорошо известных следует отметить однокомпонентные препараты из класса синтетических пиретроидов (*альфа-циперметрин*, *бета-циперметрин*, *гамма-цигалотрин*, *лямбда-цигалотрин*, *дельтаметрин*, *циперметрин*, *эсфенвалерат*) и комбинированные (*циперметрин* + *перметрин*).

Созданы препараты, представляющие собой комбинации действующих веществ фосфорорганических соединений и синтетических пиретроидов (*малатион* + *циперметрин*, *диметоат* + *бета-циперметрин*).

Представлены однокомпонентные препараты для защиты картофеля на основе действующих веществ из класса неоникотиноидов (*ацетамиприд*, *имидаклоприд*, *клотианидин*), а также в комбинации с синтетическими пиретроидами (*имидаклоприд* + *альфа-циперметрин*, *имидаклоприд* + *лямбда-цигалотрин*, *имидаклоприд* + *бифентрин*, *альфа-циперметрин* + *имидаклоприд* + *клотианидин*, *лямбда-цигалотрин* + *ацетамиприд*) и тетраминовой кислотой (*спиротетрамат* + *имидаклоприд*).

Зарегистрированы также препараты на основе действующих веществ из класса фенилпиразолов (*фипронил*), производных бензоилмочевины (*люфенурон*), антранил диамидов (*хлорантранилипрол*). Применение препаратов на основе этих действующих веществ осуществляется путем опрыскивания растений в период вегетации в соответствии с существующими регламентами.

Защиту культуры от колорадского жука, проволочников и ложнопроволочников рекомендуется осуществлять способом опрыскивания дна борозды во время посадки препаратами на основе *тиаметоксама*, а также *тиаметоксама* + *хлорантранилипрол*. Защита картофеля от колорадского жука и проволочников достигается также обработкой клубней перед посадкой или во время посадки следующими комбинированными препаратами на основе таких действующих веществ, как *имидаклоприд* + *бифентрин*, *имидаклоприд* + *пенцикурон*, *тиаметоксам* + *имидаклоприд* + *фипронил*, *тиаметоксам* + *дифеноконазол* + *флудиоксонил*, *тиаметоксам* + *седаксан* + *флудиоксонил*, *клотианидин* + *пенфлуфен*. Рекомендуется обработка клубней и дна борозды при посадке карто-

феля комбинированными препаратами на основе таких действующих веществ, как *имидаклоприд + фипронил* и *ацетамиприд + флудиоксонил + ципроконазол*.

Для защиты картофеля от проволочников зарегистрированы препараты на основе *тефлутрина* и *диазинона* для внесения в почву при посадке, *бифентрина* – для опрыскивания дна борозды во время посадки.

В условиях лесостепи ЦЧР биологическая эффективность *тиаметоксама* в форме препарата Актара, ВДГ (250 г/кг) против колорадского жука составляла 98–100% [10]. Эффективную защиту картофеля от колорадского жука в течение длительного срока без проведения наземных опрыскиваний обеспечивала предпосадочная обработка клубней *имидаклопридом* в форме инсектофунгицида Престиж, КС (290 г/л) в норме расхода 1,0 л/т. Биологическая эффективность инсектицида против колорадского жука при данной норме расхода находилась в пределах от 91,4 до 100% [29, 32].

Использование фунгицидов. Ограничение вредоносности возбудителей болезней (фитофтороза и альтернариоза) осуществляется различными способами применения химических фунгицидов [15]: например, опрыскиванием растений в период вегетации по установленной схеме однокомпонентными препаратами на основе таких действующих веществ, как: *дифеноконазол, меди гидроокись, метирам, пропинеб, мандипропамид, манкоцеб, флуазинам, хлорокись меди*, а также следующими комбинированными препаратами: *азоксистробин + дифеноконазол, боскалид + пираклостробин, диметоморф + аметоктрадин, мандипропамид + дифеноконазол, манкоцеб + диметоморф, манкоцеб + металаксил, манкоцеб + мефеноксам, манкоцеб + цимоксанил, меди оксихлорид + мефеноксам, пропамокарб гидрохлорид + фенамидон, тирам + дифеноконазол, фамоксадон + цимоксанил, фамоксадон + оксатиаипролин, крезоксим-метил + боскалид, меди хлорокись + цинеб, меди хлорокись + манкоцеб + цимоксанил, меди хлорокись + цимоксанил, мандипропамид + цимоксанил, флуазинам + азоксистробин, флуазинам + диметоморф, хлорокись меди + цимоксанил, хлороталонил + цимоксанил.*

Для опрыскивания клубней и дна борозды при посадке против ризоктониоза и серебряной парши рекомендованы препараты на основе *азоксистробина*. Комбинированный препарат на основе *азоксистробина + мефеноксам* зарегистрирован против ризоктониоза, серебристой парши, антракноза и фитофтороза.

Вредоносность ризоктониоза, парши серебристой, парши обыкновенной ограничивают обработкой клубней до или во время посадки препаратами на основе *клотиандина + пенфлуфен, пенфлуфена + протиоконазал, тиаметоксама + дифеноконазол + флудиоксонил, тиаметоксама + седаксан + флудиоксонил, ацетамиприда + флудиоксонил + ципроконазол, флудиоксонила*.

Препараты на основе *ипродиона + имидаклоприд + дифеноконазол* зарегистрированы для защиты картофеля одновременно от ризоктониоза, антракноза, фузариоза, колорадского жука, тли и проволочников (обработка клубней и дна борозды производится во время посадки).

Предпосадочная обработка клубней картофеля таким препаратом, как Престиж в сочетании с ранним сроком удаления ботвы позволяет защитить семенные посадки от вирусных и грибных болезней, способствуя повышению выхода стандартной семенной фракции [5].

В отношении ризоктониоза эффективны препараты Максим и Престиж, в то время как Квадрис довольно слабо действует на возбудителя [6]. Протравливание семян картофеля препаратом Максим при норме расхода 0,4 л/т подавляло развитие ризоктониоза на стеблях растений в 1,86–1,95 раза. Прибавки урожая картофеля сорта Кузовок и Розара составили соответственно 4,3 и 5,3 т/га [11]. Эффективным приемом увеличения урожайности картофеля (на 3,2–5,0%) и сохранности растений в течение вегетации за счет подавления развития ризоктониоза является протравливание семенных клубней препаратом ТМТД плюс [12].

Изучено влияние препаратов разного механизма действия на патогенность фитотрофы. В полевых опытах изучено пять схем применения биопрепарата Картофин, химического фунгицида трансламинарного действия Консенто, системного – Ридомил Голд МЦ, контактного – Абига Пик. Доказано что в годы с депрессивным развитием болезни можно использовать биологические препараты [20]. В условиях Московской области фунгициды Эместо Квантум, Консенто и Луна Транквилити показали более высокую эффективность в борьбе с болезнями картофеля, чем ранее применявшиеся фунгициды Престиж, Ридомил Голд МЦ и Абига Пик. Повышение как валовой, так и товарной урожайности, качества клубней убедительно продемонстрировали преимущество этих препаратов в интегрированной системе защиты картофеля [25].

Защитное действие фунгицидов усиливается добавлением к ним микроудобрений, регуляторов роста растений. Так, по данным Ю.В. Попова с соавт. [45], биологическая эффективность пенцикурона (компонент препарата Престиж) в фазе полных всходов составляла 43–57%, а при добавлении микроудобрения Биостим Старт, 1 л/т увеличивалась до 70–76%. Этими же авторами установлено, что все испытанные смешанные варианты пестицидов для обработки клубней обладали высокой биологической эффективностью против фитофагов (70–100%), болезней (до 65%), повышали урожайность, улучшали товарность клубней и, как следствие, рентабельность выращивания.

Ограничение вредоносности золотистой и стеблевой картофельной нематод обеспечивает применение препаратов на основе *оксамилы*.

Использование гербицидов. Потери от сорных растений оцениваются разными исследователями по-разному. В среднем они составляют 20–30% [35]. Ограничение численности сорных растений является не только мероприятием, позволяющим культуре максимально использовать элементы питания и влагу, но и профилактировать формирование резерваций фитопатогенов, фитофагов и переносчиков вирусов. Утверждается, что засоренные участки картофеля в 1,5 раза интенсивнее заселяются цикадками, что способствует большему распространению фитоплазмозов [8].

В настоящее время снижение плотности популяций сорных растений в агроценозах картофеля осуществляется гербицидами различных химических групп [15]. Для ограничения численности и вредоносности однолетних злаковых и двудольных сорных растений на картофеле зарегистрированы препараты на основе таких действующих веществ, как *аклонифен*, *дикват* (*дибромид*), *кломазон*, *прометрин*, *просульфокарб*, *флуфенацет* + *метрибузин* для опрыскивания почвы до всходов культурных растений. *Метрибузин* используется для опрыскивания вегетирующих сорных растений до появления всходов культуры с последующей обработкой при высоте ботвы 5 см.

Широкий ассортимент граминицидов зарегистрирован для применения на картофеле. Так, для ограничения численности многолетних злаковых сорняков рекомендуются препараты на основе *квизалофон-П-тефурила*, *пропаквизафона* (опрыскивание посевов при высоте пырея ползучего 10–15 см). *Клетодим*, *клетодим* + *галоксифон-Р-метил* применяют для опрыскивания посевов весной в фазе 2–6 листьев у однолетних сорных растений (виды овсяга, виды щетинника, просо куриное, просо сорное), независимо от фазы развития культуры.

Численность однолетних двудольных сорных растений ограничивают опрыскиванием почвы до всходов культуры или при высоте ботвы картофеля 10–15 см препаратами на основе *МЦПА* (*диметиламинная* + *калиевая* + *натриевая соли*, *смесь*) или *МЦПА кислоты* (*смесь диметиламинной, калиевой, натриевой солей*).

Популяции многолетних (пырей), однолетних злаковых и некоторых двудольных сорняков подавляют опрыскиванием посадок после окучевания в ранние фазы развития (1–4 листа) однолетних сорняков и при высоте пырея 10–15 см препаратами на основе *римсульфурина* в смеси с 200 мл/га Неон 99 (Неонол АФ9-12) (ПАВ) или на основе *флуазифон-П-бутила*.

Препараты на основе *глифосата (изопропиламинная соль)* используют для осеннего опрыскивания вегетирующих сорняков в послеуборочный период против однолетних и многолетних злаковых и двудольных сорняков на полях, предназначенных под посев картофеля на следующий год.

Циклоксимид рекомендован для ограничения численности однолетних злаковых сорняков (виды овсюга, виды щетинника, просо куриное, просо сорное) и пырея ползучего – опрыскивание посевов производится по вегетирующим сорнякам начиная с фазы 2 листьев до конца кушения и при высоте пырея ползучего 10–15 см (независимо от фазы развития культуры) в смеси с 1–2 л/га ПАВ ДАШ, КЭ (596 г/л смеси фосфат эфира с метил олеатом). По данным М.В. Котикова [36], гербицид Артист почвенного применения приводил к 100% гибели щирицы запрокинутой, проса куриного, вьюнка полевого, пикульника, горца.

Десикация картофеля. Предуборочное удаление ботвы картофеля – общепринятый прием, позволяющий обеспечить максимальный сбор клубней качественной семенной фракции и предотвратить распространение вредоносных патогенов. Одними из перспективных десикантов для картофеля являются препараты на основе *карфентразон-этила, глюфосината аммония, диквата (дибромид)* [3, 15].

Вместе с тем следует иметь в виду, что широкое применение пестицидов оказывает влияние не только на вредные организмы, но и ведет к негативным последствиям в экологическом отношении, поэтому необходим поиск альтернативных путей борьбы с вредными организмами.

В настоящее время значительное внимание уделяется разработке экологически безопасных технологий защиты от вредных организмов при выращивании сельскохозяйственных культур, что связано с общими экологическими проблемами. Использование пестицидов против вредных организмов следует обосновывать данными фитосанитарного мониторинга и учитывать уровень вредоносности, что снижает возможность неоправданных химических обработок.

Заключение

Анализ современной научной литературы свидетельствует о том, что в агроценозе картофеля паразитируют и наносят поражения фитопатогены грибной, бактериальной и вирусной этиологии, а также фитогельминты. В числе фитофагов картофеля основную долю видов составляют специализированные виды, но есть и представители группы многоядных вредителей.

Неотъемлемым представителем картофельного агроценоза является сорный компонент. Величина ущерба, наносимого культуре вредными организмами, зависит не только от видового состава в агроценозе и их численности, но и степени устойчивости растений к биотическим и абиотическим стрессовым факторам, а также складывающихся погодных условий года в конкретной почвенно-климатической зоне.

В арсенале интегрированной защиты картофеля от сообществ вредных организмов имеются профилактические и оперативные методы и средства. Группа профилактических методов включает:

- организационно-хозяйственные мероприятия (выращивание культуры в севообороте, пространственная изоляция семенных посадок от продовольственных);
- селекционно-семеноводческие мероприятия (выращивание устойчивых к вредным организмам сортов, своевременная смена сортов, утративших устойчивость);
- агротехнические приемы и средства (система обработки почвы до посадки и после появления всходов, сроки, способы посадки и нормы посадки культуры, система применения удобрений, применение иммуномодуляторов).

Группу оперативных методов представляют средства биологической и химической защиты (применение инсектицидов, фунгицидов, гербицидов и десикантов).

Ввиду важности проблемы как в теоретическом, так и практическом отношении ее разработкой занимаются многие исследователи. В специализированных научных изданиях опубликовано значительное количество работ, посвященных изучению влияния отдельных профилактических и/или оперативных приемов и средств защиты картофеля на снижение плотности популяций конкретного вида фитофага, фитопатогена или сорных растений.

Наблюдается противоречивость в результатах исследований и выводах некоторых авторов по биологической эффективности химических и биологических средств защиты растений. Подобное отмечается и в оценке устойчивости сортов культуры к фитопатогенам. Значительно меньшее число научных публикаций посвящено изучению эффективности гербицидов на посадках картофеля. Результаты исследований по оценке влияния иммуноиндукторов на повышение устойчивости сортов культуры к вредным организмам, а также изучению тактики применения баковых смесей химических препаратов с микробиологическими ростстимуляторами, микроудобрениями в конкретных условиях выращивания культуры представлены в единичных публикациях.

Для защиты культуры от вредных организмов предложен значительный перечень химических средств. Вместе с тем наиболее эффективное ограничение численности и вредоносности фитофагов, фитопатогенов и сорных растений и, как следствие, ущерба от них может быть достигнуто только при биологически, экологически и экономически обоснованном использовании всех имеющихся средств как профилактического, так и оперативного плана и последовательности их применения.

В настоящее время актуальными являются исследования по разработке технологий рационального применения химических и биологических средств с иммуномодуляторами, ростстимуляторами, микроудобрениями и антистрессорами. Тактика их применения при выращивании картофеля в соответствующих почвенно-климатических условиях на фоне своевременного и качественного использования профилактических приемов и средств должна быть научно обоснована, чтобы обеспечить эффективное ограничение популяций вредных организмов, снижение пестицидной нагрузки на агроценоз и получение запланированного урожая высокого качества.

Список источников

1. Агансонова Н.Е., Данилов Л.Г. *Steinernema feltiae protense* subsp. N. – новый перспективный подвид для борьбы с проволочниками на картофеле // Защита и карантин растений. 2013. № 2. С. 30–31.
2. Анисимов Б.В., Симаков Е.А., Блинов Е.Г. и др. Минимизация рисков вирусного заражения при выращивании семенного картофеля // Защита и карантин растений. 2016. № 3. С. 33–37.
3. Бабаков В.П. Карфентразон-этил – перспективный препарат для десикации картофеля // Защита и карантин растений. 2017. № 7. С. 16–17.
4. Басиев С.С., Бекузарова С.А., Джиева Ц.Г. Биологический метод борьбы с колорадским жуком на посадках картофеля // Вестник защиты растений. 2014. № 4. С. 60–61.
5. Башлакова О.Н., Будина Е.А. Эффективность Престижа на семенном картофеле // Защита и карантин растений. 2016. № 4. С. 50–51.
6. Белов Г.Л., Зейрук В.Н., Васильева С.В. и др. Перспективный анализ развития основных болезней картофеля в Центральном регионе России // Защита и карантин растений. 2017. № 12. С. 37–39.
7. Бобинская С.Г., Григорьева Т.Г., Персин С.А. Проволочники и меры борьбы с ними. Ленинград: Колос. 1965. 224 с.
8. Богоутдинов Д.З. Роль сорных растений в резервации возбудителей болезней пасленовых культур // Вестник защиты растений. 2012. № 1. С. 74–75.
9. Бойкова И.В., Новикова И.И., Фасулати С.Р. и др. Биологическая эффективность новых препаративных форм биоинсектицида на основе *Bacillus thuringiensis* против колорадского жука // Вестник защиты растений. 2012. № 4. С. 57–60.
10. Бутов А.В., Боева О.Ю. Химические и биологические средства борьбы с колорадским жуком // Защита и карантин растений. 2013. № 5. С. 20–21.
11. Васильев А.А. Влияние протравливания и сроков посадки клубней на продуктивность картофеля // Защита и карантин растений. 2021. № 2. С. 42–43. DOI: 10.47528/1026-8634_2021_2_42.
12. Васильев А.А., Горбунов А.К. Эффективность применения ТМТД-плюс на картофеле // Защита и карантин растений. 2019. № 10. С. 24–26.
13. Васильева С.В., Зейрук В.Н., Белов Г.Л. и др. Клопы-слепняки в посадках картофеля // Защита и карантин растений. 2022. № 1. С. 34–35. DOI: 10.47528/1026-8634_2022_1_34.
14. Васильева С.В., Зейрук В.Н., Дервягина М.К. и др. Защита картофеля от оомозно-фузариозных гнилей // Защита и карантин растений. 2021. № 5. С. 17–20. DOI: 10.47528/1026-8634_2021_5_17.

15. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации (по состоянию на 21 февраля 2022 г.); в 2 ч. Ч. I. Пестициды [Электронный ресурс] // Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. Архив. URL: <https://mcx.gov.ru/ministry/departments/departament-rastenievodstva-mekhanizatsii-khimizatsii-i-zashchity-rasteniy/industry-information/info-arkhiv> (дата обращения: 25.05.2023).
16. Григорьев В.В., Филичкина Л.А. Золотистая картофельная нематода на территории Новгородской области // Защита и карантин растений. 2019. № 1. С. 27–28.
17. Гусев Г.В. Энтомофаги колорадского жука. Москва: Агропромиздат, 1991. 173 с.
18. Данилов Л.Г., Павлюшин В.А., Айрапетян В.Г. и др. Биологические препараты на основе энтомопатогенных нематод (*Rhabditida*, *Steinernematidae*) // Фитосанитарное оздоровление экосистем: материалы Второго Всероссийского съезда по защите растений (Санкт-Петербург, 5–10 декабря 2005 г.). Санкт-Петербург: ВИЗР, РАСХН, 2005. Т. 2. С. 37–38.
19. Денискина Н.Ф., Ивашова О.Н., Дыйканова М.Е. и др. Устойчивость сортов картофеля раннего к альтернариозу в Центральном регионе // Защита и карантин растений. 2021. № 5. С. 40–42. DOI: 10.47528/1026-8634_2021_5_40.
20. Деревягина М.К., Васильева С.В., Белов Г.Л. и др. Влияние химических и биологических препаратов на патогенность *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary // Защита и карантин растений. 2020. № 12. С. 16–19. DOI: 10.47528/1026-8634_2020_12_16.
21. Доброхотов С.А., Анисимов А.И., Данилов Л.Г. и др. Разработка мер борьбы с проволочниками на картофеле с использованием микробиологических препаратов и горчицы белой // Вестник защиты растений. 2014. № 3. С. 25–33.
22. Евстигнеева Т.Е., Шелабина Т.А., Родионенков А.И. и др. Эффективность препаратов на основе хитозана против болезней картофеля // Вестник защиты растений. 2003. № 1. С. 26–31.
23. Ерохова М.Д., Кузнецова М.А. Порошистая парша картофеля // Защита и карантин растений. 2021. № 6. С. 28–30. DOI: 10.47528/1026-8634_2021_6_28.
24. Зейрук В.Н., Васильева С.В., Белов Г.Л. и др. Адаптивно-экологические аспекты защиты картофеля // Защита и карантин растений. 2021. № 3. С. 30–34. DOI: 10.47528/1026-8634_2021_3_30.
25. Зейрук В.Н., Васильева С.В., Колесова Е.А. и др. Оценка эффективности различных схем защиты картофеля фунгицидами // Защита и карантин растений. 2022. № 3. С. 18–21. DOI: 10.47528/1026-8634_2022_3_18.
26. Зейрук В.Н., Злотников А.К., Гинс М.С. и др. Результаты многолетнего применения полифункционального биопрепарата на картофеле // Защита и карантин растений. 2020. № 11. С. 13–15. DOI: 10.47528/1026-8634_2020_11_13.
27. Иванова О.В., Фасулати С.Р. Оценка сортов картофеля на групповую устойчивость к основным грызунам насекомым в полевых условиях // Защита и карантин растений. 2021. № 3. С. 42–44. DOI: 10.47528/1026-8634_2021_3_42.
28. Илларионов А.И., Деркач А.А. Иммунологический метод защиты растений: современное состояние и перспективы его практического использования // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 3(74). С. 65–78. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_3_65.
29. Илларионов А.И., Максименков С.И. Влияние имидаклоприда на динамику численности и структуру колорадского картофельного жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say) в условиях лесостепи Воронежской области // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2013. № 1(36). С. 40–50.
30. Илларионов А.И., Максименков С.И. Вредители картофеля в условиях Центрального Черноземья и меры контроля их вредоносности // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2010. № 4(27). С. 32–42.
31. Илларионов А.И., Максименков С.И. Эффективность имидаклоприда против колорадского жука в условиях лесостепи Воронежской области // Агрехимический вестник. 2012. № 4. С. 15–16.
32. Илларионов А.И. Современные методы защиты растений: учебное пособие. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2018. 307 с.
33. Кандыбин Н.В. Микробиометод и колорадский жук // Защита и карантин растений. 2001. № 6. С. 25–26.
34. Ключникова Е.В. Использование хитозаров в защите картофеля от комплекса клубневой и аэрогенной инфекции // Вестник защиты растений. 2004. № 2. С. 68–76.
35. Котиков М.В., Котикова Е.Е., Косенков А.С. Эффективность современной схемы защиты картофеля от фитофтороза на разных сортах // Защита и карантин растений. 2016. № 4. С. 27–28.
36. Котиков М.В. Эффективность применения нового гербицида почвенного действия Артист на посадках картофеля // Защита и карантин растений. 2019. № 6. С. 18–19.
37. Кузнецова М.А., Ерохова М.Д. Ризоктониоз – опаснейшее заболевание картофеля // Защита и карантин растений. 2021. № 4. С. 31–34. DOI: 10.47528/1026-8634_2021_4_31.
38. Кузнецова М.А., Стацюк Н.В., Рогожин А.Н. и др. Опасное заболевание картофеля // Защита и карантин растений. 2020. № 2. С. 7–13. DOI: 10.5281/zenodo.4905795.
39. Лазарев А.М. Ареал и зоны вредоносности черной ножки картофеля *Erwinia carotovora subsp. atroseptica* (van Hall) Dye // Вестник защиты растений. 2012. № 3. С. 70–72.
40. Малюга А.А., Чуликова Н.С., Омельченко Н.А. и др. Устойчивость сортов картофеля к колорадскому жуку в лесостепи Приобья // Защита и карантин растений. 2013. № 12. С. 17–19.
41. Минаева О.М., Терещенко Н.Н., Зюбанова Т.И. и др. Оценка устойчивости к колорадскому жуку сортов картофеля, наиболее широко возделываемых в Томской области // Защита и карантин растений. 2020. № 7. С. 23–25.

42. Павлова Н.А. Биологическая эффективность некоторых индукторов болезнеустойчивости в системе оздоровления и защиты картофеля от болезней в оригинальном семеноводстве // Вестник защиты растений. 2015. № 3(85). С. 21–26.
43. Павлюшин В.А., Сухорученко Г.И., Фасулати С.Р. и др. Колорадский жук: распространение, экологическая пластичность, вредоносность и меры контроля // Защита и карантин растений. 2009. № 3. С. 69–100.
44. Попов Ю.В., Рукин В.Ф., Хрюкина Е.И. Особенности борьбы с вредными организмами на картофеле в ЦЧР // Защита и карантин растений. 2015. № 4. С. 31–35.
45. Попов Ю.В., Хрюкина Е.И., Рукин В.Ф. Оптимизация защиты картофеля от вредных организмов // Защита и карантин растений. 2018. № 1. С. 37–72.
46. Сельское хозяйство в России. 2021: Стат.сб. Москва: Росстат, 2021. 100 с.
47. Трускинов Э.В., Хрусталева Я.Б., Королева Л.В. и др. Обследование коллекции картофеля ВИР с целью выявления сортов с полевой устойчивостью к вирусным болезням // Вестник защиты растений. 2011. № 3. С. 41–44.
48. Филиппов А.В. Фитофтороз картофеля // Защита и карантин растений. 2012. № 5. С. 61–88.
49. Шестеперов А.А., Грибоедова О.Г., Колесова Е.А. и др. Возделывание нематоустойчивых сортов картофеля в очагах глободероза в фермерских и личных подсобных хозяйствах // Защита и карантин растений. 2019. № 12. С. 35–38.

References

- Agansonova N.E., Danilov L.G. *Steinernema feltiae protense* subsp. N. – novyi perspektivnyj podvid dlya bor'by s provolochnikami na kartofele [*Steinernema feltiae protense* subsp. N. is a new perspective subspecies for the control of wireworms in potatoes]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2013;2:30-31. (In Russ.).
- Anisimov B.V., Simakov E.A., Blinkov E.G. et al. Minimizatsiya riskov virusnogo zarazheniya pri vyrashchivanii semennogo kartofelya [Minimizing the risk of viral infection at cultivation of seed potatoes]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2016;3:33-37. (In Russ.).
- Babakov V.P. Karfentrazon-etil – perspektivnyj preparat dlya desikatsii kartofelya [Carfentrazone-ethyl is a promising preparation for the desiccation of potatoes]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2017;7:16-17. (In Russ.).
- Basiev S.S., Bekuzarova S.A., Dzhioeva Ts.G. Biologicheskij metod bor'by s koloradskim zhukom na posadkakh kartofelya [Biological control of Colorado beetle on the potato fields in South Ossetia]. *Vestnik zashchity rastenij = Plant Protection News*. 2014;4:60-61. (In Russ.).
- Bashlakova O.N., Budina E.A. Effektivnost' Prestizha na semennom kartofele [Efficiency of Prestige on seed potato]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2016;4:50-51. (In Russ.).
- Belov G.L., Zeiruk V.N., Vasilieva S.V. et al. Perspektivnyj analiz razvitiya osnovnykh boleznej kartofelya v Tsentral'nom regione Rossii [Prospective analysis of the development of main diseases of potato in the Central Region of Russia]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2017;12:37-39. (In Russ.).
- Bobinskaya S.G., Grigorieva T.G., Persin S.A. Provolochniki i mery bor'by s nimi [Wireworms and pest suppression]. Leningrad: Kolos;1965. 224 p. (In Russ.).
- Bogoutdinov D.Z. Rol' sornykh rastenij v rezervatsii vzbuditelej boleznej paslenovykh kul'tur [Role of weeds in reservation of Solanaceae disease excitants]. *Vestnik zashchity rastenij = Plant Protection News*. 2012;1:74-75. (In Russ.).
- Boykova I.V., Novikova I.I., Fasulati S.R. et al. Biologicheskaya effektivnost' novykh preparativnykh form bioinsektitsida na osnove *Bacillus thuringiensis* protiv koloradskogo zhuka [Biological efficiency of the new bioinsecticide formulations on the basis of the *Bacillus thuringiensis* against the Colorado potato beetle] *Vestnik zashchity rastenij = Plant Protection News*. 2012;4: 57-60. (In Russ.).
- Butov A.V., Boeva O.Yu. Khimicheskie i biologicheskie sredstva bor'by s koloradskim zhukom [Chemical and biological control of the Colorado potato beetle]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2013;5:20-21. (In Russ.).
- Vasiliev A.A. Vliyanie protravlivaniya i srokov posadki klubnej na produktivnost' kartofelya [The effect of dressing and the timing of planting tubers on the productivity of potatoes]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2021;2:42-43. DOI: 10.47528/1026-8634_2021_2_42. (In Russ.).
- Vasiliev A.A., Gorbunov A.K. Effektivnost' primeneniya TMTD-plyus na kartofele [Effectiveness of TMTD-plyus on potatoes]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2019;10:24-26. (In Russ.).
- Vasilieva S.V., Zeiruk V.N., Belov G.L. et al. Klopy-slepnyaki v posadkakh kartofelya [Capbugs in a potato crop]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2022;1:34-35. DOI: 10.47528/1026-8634_2022_1_34. (In Russ.).
- Vasilieva S.V., Zeiruk V.N., Derevyagina M.K. et al. Zashchita kartofelya ot fomozno-fuzarioznykh gniley [Potato protection against phoma and fusarium rots]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2021;5:17-20. DOI: 10.47528/1026-8634_2021_5_17. (In Russ.).
- Gosudarstvennyj katalog pestitsidov i agrokhimikatov, razreshennykh k primeneniyu na territorii Rossijskoj Federatsii (po sostoyaniyu na 21 fevralya 2022 g.); v 2 ch. Ch. I. Pestitsidy. Ministerstvo sel'skogo khozyajstva Rossijskoj Federatsii. Arkhiv [State Catalog of pesticides and agrochemicals approved for use in the territory of the Russian Federation (as of February 21, 2022); in 2 parts. Part I. Pesticides. Ministry of Agriculture of the Russian Federation. Archive]. URL: <https://mcx.gov.ru/ministry/departments/departament-rastenievodstva-mekhanizatsii-khimizatsii-i-zashchity-rasteniy/industry-information/info-arkhiv/>. (In Russ.).
- Grigoriev V.V., Philichkina L.A. Zolotistaya kartofel'naya nematoda na territorii Novgorodskoj oblasti [Globodera rostochiensis on the territory of the Novgorod region]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2019;1:27-28. (In Russ.).

17. Gusev G.V. Entomofagi koloradskogo zhuka [Entomophages of the Colorado potato beetle]. Moscow: Agropromizdat Press; 1991. 173 p. (In Russ.).
18. Danilov L.G., Pavlyushin V.A., Ayrapetyan V.G. et al. Biologicheskie preparaty na osnove entomopatogennykh nematod (Rhabditida, Steinernematidae). Fitosanitarnoe ozdorovlenie ekosistem: materialy Vtorogo Vserossijskogo s"ezda po zashchite rastenij (Sankt Peterburg, 5-10 dekabrya 2005 g.) [Biological drugs based on entomopathogenic nematodes (Rhabditida, Steinernematidae). Phytosanitary improvement of ecosystems: Proceedings of the Second All-Russian Congress on Plant Protection (Saint Petersburg, December 5-10, 2005)]. St. Petersburg: RAAS, All-Union Research Institute of Plant Protection Press. 2005;2:37-38. (In Russ.).
19. Deniskina N.F., Ivashova O.N., Dykanova M.E. et al. Ustoychivost' sortov kartofelya rannego k al'ternariozu v Tsentral'nom regione [Early potato varietal resistance to the early blight in the Central region]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2021;5:40-41. DOI: 10.47528/1026-8634_2021_5_40. (In Russ.).
20. Derevyagina M.K., Vasilieva S.V., Belov G.L. et al. Vliyaniye khimicheskikh i biologicheskikh preparatov na patogennost' *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary [Influence of chemical and biological preparations on pathogenicity of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary.]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2020;12:16-19. DOI: 10.47528/1026-8634_2020_12_16. (In Russ.).
21. Dobrokhotov S.A., Anisimov A.I., Danilov L.G. et al. Razrabotka mer bor'by s provolochnikami na kartofele s ispol'zovaniem mikrobiologicheskikh preparatov i gorchitsy beloј [Development of wireworm control on potato fields using microbiological preparations and white mustard]. *Vestnik zashchity rastenij = Plant Protection News*. 2014;3:25-33. (In Russ.).
22. Evstigneeva T.E., Shelabina T.A., Rodionenkov A.I. et al. Effektivnost' preparatov na osnove khitozana protiv boleznej kartofelya [Efficiency of the preparations based on chitosan against certain potato diseases]. *Vestnik zashchity rastenij = Plant Protection News*. 2003;1:26-31. (In Russ.).
23. Erokhova M.D., Kuznetsova M.A. Poroshistaya parsha kartofelya [Powdery scab of potatoes]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2021;6:28-30. DOI: 10.47528/1026-8634_2021_6_28. (In Russ.).
24. Zeiruk V.N., Vasilieva S.V., Belov G.L. et al. Adaptivno-ekologicheskie aspekty zashchity kartofelya [Adaptive-ecological aspects of potato protection]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2021;3:30-34. (In Russ.).
25. Zeiruk V.N., Vasilieva S.V., Kolesova E.A. et al. Otsenka effektivnosti razlichnykh skhem zashchity kartofelya fungitsidami [Efficacy assessment of different schemes of potato protection by fungicides]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2022;3:18-21. DOI: 10.47528/1026-8634_2022_3_18. (In Russ.).
26. Zeiruk V.N., Zlotnikov A.K., Gins M.S. et al. Rezul'taty mnogoletnego primeneniya polifunktsional'nogo biopreparata na kartofele [Results of the long-term use of a polyfunctional bio preparation on potato]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2020;11:13-15. DOI: 10.47528/1026-8634_2020_11_13. (In Russ.).
27. Ivanova O.V., Fasulati S.R. Otsenka sortov kartofelya na gruppovuyu ustoychivost' k osnovnym gryzushchim nasekomym v polevykh usloviyakh [Potato variety evaluation of group resistance to major chewing insect pests in the field]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2021;3:42-44. DOI: 10.47528/1026-8634_2021_3_42. (In Russ.).
28. Illarionov A.I., Derkach A.A. Immunologicheskij metod zashchity rastenij: sovremennoe sostoyaniye i perspektivy ego prakticheskogo ispol'zovaniya [Immunological method of plant protection: state of the art and prospects for its practical use]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;3(74):65-78. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_3_65. (In Russ.).
29. Illarionov A.I., Maksimenkov S.I. Vliyaniye imidakloprida na dinamiku chislennosti i strukturu koloradskogo kartofel'nogo zhuka (*Leptinotarsa decemlineata* Say) v usloviyakh lesostepi Voronezhskoy oblasti [Imidaklopid influence on the dynamics of the abundance and population structure of the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) under the conditions of the forest-steppe of Voronezh region]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2013;1(36):40-50. (In Russ.).
30. Illarionov A.I., Maksimenkov S.I. Vrediteli kartofelya v usloviyakh Tsentral'nogo Chernozem'ya i mery kontrolya ikh vredonosnosti [Potatoes' insect enemies under conditions of the Central Chernozem Region and their number restriction practices]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2010;4(27):32-42. (In Russ.).
31. Illarionov A.I., Maksimenkov S.I. Effektivnost' imidakloprida protiv koloradskogo zhuka v usloviyakh lesostepi Voronezhskoy oblasti [Efficiency of imidaklopid against Colorado beetle in conditions of the forest-steppe of Voronezh region]. *Agrokhimicheskij vestnik = Chemistry in Agriculture*. 2012;4:15-16. (In Russ.).
32. Illarionov A.I. Sovremennyye metody zashchity rastenij: uchebnoye posobie [Modern methods of plant protection: textbook]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2018. 307 p. (In Russ.).
33. Kandybin N.V. Mikrobiometod i koloradskiy zhuk [Microbiomethod and Colorado potato beetle] *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2001;6:25-26. (In Russ.).
34. Kliushnikova E.V. Ispol'zovaniye khitozarov v zashchite kartofelya ot kompleksa klubnevoj i aero-gennoj infektsii [Use of chitosars in protection of potato from the complex of tuberborne and airborne infections]. *Vestnik zashchity rastenij = Plant Protection News*. 2004;2:68-76. (In Russ.).
35. Kotikov M.V. Effektivnost' primeneniya novogo gerbitsida pochvennogo dejstviya Artist na posadkakh kartofelya [Efficiency of application of a new soil herbicide Artist on potato plantings]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2019;6:18-19. (In Russ.).
36. Kotikov M.V., Kotikova E.E., Kosenkov A.S. Effektivnost' sovremennoj skhemy zashchity kartofelya ot fitoforoza na raznykh sortakh [Efficiency of the modern scheme of potato protection against the late blight on various grades]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2016;4:27-28. (In Russ.).

37. Kuznetsova M.A., Yerokhova M.D. Rizoktonioz – opasnejshee zabolevanie kartofelya [Rhizoctonia solani is the most dangerous disease of potatoes]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2021;4:31-34. DOI: 10.47528/1026-8634_2021_4_31. (In Russ.).
38. Kuznetsova M.A., Statsyuk N.V., Rogozhin A.N. et al. Opasnoye zabolevaniye kartofelya [A dangerous disease of potatoes]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2020;2:7-13. DOI: 10.5281/zenodo.4905795. (In Russ.).
39. Lazarev A.M. Areal i zony vredonosnosti chernoy nozhki kartofelya *Erwinia carotovora subsp. atroseptica* (van Hall) Dye [Area and zone of harmfulness of tuber soft rot of potato *Erwinia carotovora subsp. atroseptica* (van Hall) Dye]. *Vestnik zashchity rastenij = Plant Protection News*. 2012;3:70-72. (In Russ.).
40. Malyuga A.A., Chulikova N.S., Omelchenko N.A. et al. Ustoychivost' sortov kartofelya k koloradskomu zhuku v lesostepi Priob'ya [Resistance of potato varieties to the Colorado potato beetle in the Ob forest-steppe zone]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2013;12:17-19. (In Russ.).
41. Minayeva O.M., Tereshchenko N.N., Zyubanova T.I. et al. Otsenka ustoychivosti k koloradskomu zhuku sortov kartofelya, naibolee shiroko vozdeleyvayemykh v Tomskoy oblasti [Assessment of resistance to *Leptinotarsa decemlineata* of potato varieties most widely cultivated in Tomsk region]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2020;7:23-25. (In Russ.).
42. Pavlova N.A. Biologicheskaya effektivnost' nekotorykh induktorov bolezneustoychivosti v sisteme ozdorovleniya i zashchity kartofelya ot bolezney v original'nom semenovodstve [Biological efficiency of some disease resistance inductors in the system of rehabilitation and protection of potato against diseases in original seedage]. *Vestnik zashchity rastenij = Plant Protection News*. 2015;3(85):21-26. (In Russ.).
43. Pavlyushin V.A., Sukhoruchenko G.I., Fasulati S.R. et al. Koloradskiy zhuk: rasprostraneniye, ekologicheskaya plastichnost', vredonosnost' i mery kontrolya [Colorado potato beetle: its spreading, ecological plasticity, harmfulness and control measures]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2009;3:69-100. (In Russ.).
44. Popov Yu.V., Rukin V.F., Khryukina E.I. Osobennosti bor'by s vrednymi organizmami na kartofele v TsChR [Features of pest management on potato in the Central Chernozem Region]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2015;4:31-35. (In Russ.).
45. Popov Yu.V., Khryukina E.I., Rukin V.F. Optimizatsiya zashchity kartofelya ot vrednykh organizmov [Optimizing the protection of potato from pests]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2018;1:37-72. (In Russ.).
46. Sel'skoe khozyajstvo v Rossii. 2021: Statisticheskij sbornik [Agriculture in Russia. 2021: Statistical Book]. Moscow: Rosstat; 2021.100 p. (In Russ.).
47. Truskinov E.V., Khrustaleva Ya.B., Koroleva L.V. et al. Obsledovanie kollektzii kartofelya VIR s tsel'yu vyyavleniya sortov s polevoj ustoychivost'yu k virusnym boleznyam [Investigation of the potato collection of the All-Russian Institute of Plant Industry for the purpose of revealing grades with field resistance to virus diseases]. *Vestnik zashchity rastenij = Plant Protection News*. 2011;3:41-44. (In Russ.).
48. Filippov A.V. Fitoforoz kartofelya [Potato late blight]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2012;5:61-88. (In Russ.).
49. Shesteperv A.A., Griboedova O.G., Kolesova E.A. et al. Vozdeleyvanie nematodoustoychivykh sortov kartofelya v ochagakh globoderoza v fermerskikh i lichnykh podsobnykh khozyajstvakh [Cultivation of nematode-resistant potato varieties in the globoderosis foci in farms and private farms]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2019;12:35-38. (In Russ.).

Информация об авторах

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

А.А. Деркач – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории «Биологическая защита растений» ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (Воронежская область), derkach.vrn.2010@mail.ru.

И.С. Торопчин – научный сотрудник лаборатории «Испытания пестицидов» ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (Воронежская область), 79081318279@yandex.ru.

Information about the authors

A.I. Illarionov, 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, Illarionov-Alexandr@yandex.ru.

A.A. Derkach, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research Scientist, Biological Plant Protection Laboratory, All-Russian Research Institute of Plant Protection (Voronezh Oblast), derkach.vrn.2010@mail.ru.

I.S. Toropchin, Research Scientist, Pesticides Test Laboratory, All-Russian Research Institute of Plant Protection (Voronezh Oblast), 79081318279@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 28.05.2023; одобрена после рецензирования 30.06.2023; принята к публикации 16.06.2023.

The article was submitted 28.05.2023; approved after reviewing 30.06.2023; accepted for publication 16.06.2023.

© Илларионов А.И., Деркач А.А., Торопчин И.С., 2023

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

Научная статья

УДК 632.937

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_3_69

EDN: QWJRZR

Перспективы разработки биоцидного препарата на основе биологически активных веществ из борщевика СосновскогоТатьяна Алексеевна Рябчинская^{1✉}, Лилия Леонидовна Яковлева², Ирина Юрьевна Бобрешова³^{1, 2, 3} Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Рамонский район, Воронежская область, Россия¹ biometod@mail.ru✉

Аннотация. Борьба с вредителями сельскохозяйственных культур в условиях биологизированного растениеводства и органического земледелия затруднена из-за того, что ассортимент экологически безопасных инсектицидов недостаточно широк и представлен в основном микробиологическими препаратами. За исключением хвойных, недостаточно изучен локус видов растений, пригодных для создания биоцидных средств. Цель представленных исследований состояла в оценке инсектоакарицидной активности экстрактов биологически активных веществ из борщевика Сосновского и установлении возможности создания на их основе биоцидного средства. В настоящее время борщевик Сосновского является одним из самых злостных сорняков и занимает большие пространства в природных ценозах многих регионов России. Исследования проведены в лабораторных условиях. В качестве тест-объектов служили различные виды тлей, колорадский жук (личинки) и обыкновенный паутинный клещ. Испытывали разные виды экстрактов с различным содержанием биологически активной композиции веществ, а также образцы препаративных форм, разрабатываемых на основе данного растения. Использованы общепринятые методики определения биологической эффективности биоцидных средств при проведении энтомологических исследований. В экспериментах получены данные, свидетельствующие о снижении эффективности с повышением концентрации биологически активных веществ в экстрактах, определено оптимальное соотношение экстрагента и сухого биоматериала. Высокая эффективность образцов экстрактов и препаративных форм на основе борщевика отмечена в отношении сосущих членистоногих. Биологическая эффективность отдельных образцов в качестве акарицидного средства находилась на уровне эталонных препаратов группы авермектинов (Вертимек и Фитоверм) и достигала 95–100%, против отдельных видов тлей была на уровне 90%. Против личинок колорадского жука испытанные препаративные формы не показали достаточной эффективности. В результате исследований были отобраны лучшие варианты для проведения дальнейших исследований в полевых условиях.

Ключевые слова: инсектицидный препарат, биоцидное действие, экстракты растений, смертность насекомых, биологическая эффективность, борщевик Сосновского

Для цитирования: Рябчинская Т.А., Яковлева Л.Л., Бобрешова И.Ю. Перспективы разработки биоцидного препарата на основе биологически активных веществ из борщевика Сосновского // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 3(78). С. 69–86. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_69-86.

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

Original article

Prospects for the development of biocidal preparation based on biologically active substances from *Heracleum sosnowskyi*Tatiana A. Ryabchinskaya^{1✉}, Liliya L. Yakovleva², Irina Yu. Bobreshova³^{1, 2, 3} All-Russian Research Institute of Plant Protection, Ramonsky District, Voronezh Oblast, Russia¹ biometod@mail.ru✉

Abstract. Pest control of agricultural crops in the conditions of biologized crop production and organic farming is impeded due to the fact that the range of environmentally friendly insecticides is not wide enough and is mainly represented by microbiological preparations. With the exception of conifers, the locus of plant species suitable for the creation of biocidal agents has not been sufficiently studied. The objective of the presented research was to assess the insecticidal activity of extracts of biologically active substances derived from *Heracleum sosnowskyi*

and to establish the possibility of creating a biocidal agent on their basis. At present *Heracleum sosnowskyi* is one of the most aggressive weeds and occupies large areas in the natural cenoses of many regions of Russia. The research was performed in laboratory conditions. Test objects included various aphid species, Colorado potato beetle (larvae) and twospotted spider mite. Different types of extracts with different content of biologically active composition of substances were tested, as well as samples of preparative forms developed on the basis of the studied plant. The authors used conventional methods for determining the biological efficiency of biocidal agents in entomological studies. It was found that highly concentrated extracts of biologically active substances had low efficiency. The optimal ratio of extractant and dry biomaterial was determined. High efficiency of samples of hogweed-based extracts and preparative forms was noted against sucking arthropods. The biological efficiency of individual samples as an acaricidal agent was at the level of reference preparations of avermectin group (Vertimec and Phytoverm) and reached 95-100%. The efficiency against individual aphid species reached 90%. The tested variants of preparative forms have not shown sufficient efficiency against the larvae of Colorado potato beetle. As a result of research, the authors have selected the most efficient variants for further field experiments.

Key words: insecticide preparation, biocidal effect, plant extracts, insect mortality, biological efficiency, *Heracleum sosnowskyi*

For citation: Ryabchinskaya T.A., Yakovleva L.L., Bobreshova I.Yu. Prospects for the development of biocidal preparation based on biologically active substances from *Heracleum sosnowskyi*. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(3):69-86. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_69-86.

Введение
Исследования по созданию новых экологически безопасных средств защиты растений от вредных организмов в настоящее время приобретают особую значимость в связи с повышающимся во всем мире интересом к биологизации защиты растений и органическому земледелию. В данном аспекте большая роль принадлежит средствам на основе природных биологически активных веществ животного и растительного происхождения. Это направление в науке признано приоритетным. Особое значение имеют инсектицидные биопрепараты, поскольку до сегодняшнего дня ассортимент их недостаточен, данная группа представлена небольшим количеством микробиологических средств на основе различных микроорганизмов и их метаболитов.

На рубеже нового столетия в различных научных учреждениях стоял вопрос изучения возможности создания биоцидного препарата на основе растительных компонентов. Было изучено много видов растений на предмет содержания в них физиологически активных веществ, вызывающих токсическое действие на членистоногих [2, 20].

Особый интерес представляли инсектицидные средства на основе хвойных растений. Так, были созданы препараты серии «Хвойный» в форме концентрированных паст из зелени хвойных пород. Доказано их репеллентное действие по отношению к некоторым вредителям сада. Снижение поврежденности листьев и плодов яблони вредителями (чешуекрылые, пилильщики, тли, клещи) составляло 43–63% [19]. Во Всесоюзном институте биологической защиты растений на основе терпеноидов, выделяемых при технической обработке кориандра, был разработан препарат Биостат, который обладал комплексной биоцидностью как по отношению к членистоногим, так и возбудителям заболеваний. Полифункциональная биологическая активность препарата Биостат была продемонстрирована на многолетних плодовых культурах, винограде [7, 24, 25]. Однако препарат так и не был зарегистрирован в качестве биопестицида, и данные исследования были прекращены.

В условиях усиления интереса к биологическим средствам защиты растений от вредных членистоногих расширение ассортимента биологических инсектоакарицидов за счет препаратов растительного происхождения является весьма актуальной задачей сельскохозяйственной науки.

Среди многих видов растений, содержащих алкалоиды, фенольные соединения, терпеноиды и стероиды, являющиеся основными группами соединений, которые проявляют токсические свойства для представителей животного мира, наше внимание при-

влек борщевик Сосновского – кавказский, горнолесной, субальпийский вид, произрастающий в России в восточной части Большого Кавказа, Восточном и Юго-Восточном Закавказье. На Кавказе борщевик Сосновского произрастает в среднем и верхнем лесном поясе [10]. Данный вид культивировали на территории бывшего СССР как высокопродуктивное силосное растение в середине прошлого века [18]. Однако впоследствии выяснилось, что растение легко дичает и проникает в естественные экосистемы, практически полностью их разрушая, что явилось основной причиной исключения его из списка культивируемых растений. На Украине и в европейских странах он является инвазионным видом [10, 15]. В Белоруссии как опасное сорное растение занесен в Черную книгу [23].

Борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) из семейства Зонтичные (*Umbelliferae*), или Сельдерейные (*Apiaceae* Lindl.), представляет собой монокарпическое растение до 2,5–3,0 м высотой, мезофит, гелиофит, нитрофит, холодоустойчивый вид. Как правило, жизненный цикл его двулетний или многолетний (редко), когда растение может цвести до 3 лет. На одном растении образуется 3–5 боковых соцветий, редко 9–11, суммарно одно растение может дать порядка 20–35 тыс. плодов [18]. Плод у борщевиков – колонковый вислоплодик, распадающийся на два мерикарпия, которые и называют семенами.

Особенностью борщевиков является разнокачественность их мерикарпиев [21]. Далеко не все семена прорастают весной следующего года. В первый год обычно прорастает от 20 до 70%, на второй год – от 30 до 60% семян, не проросших в первый год. Некоторые мерикарпии могут прорасти лишь через 5–6 или даже 12–15 лет. Семена борщевиков имеют эфирномасляные каналы: как правило, два на вентральной (внутренней) и четыре – на дорзальной (наружной) стороне плодика [18]. У упавшего на землю плода за зиму оболочки сгнивают, а эфирные масла и смолы, содержащиеся в их секрете, и другие биологически активные вещества истекают на поверхность почвы. Сумма этих биологически активных веществ оказывает выраженное аллелопатическое (чаще ингибирующее, или тормозящее) действие на прорастание семян других видов растений. Тем самым создается чистая, не захваченная другими растениями зона вокруг семени борщевика, что обеспечивает ему бесконкурентное прорастание. Соответственно, происходит последующий захват территории, поскольку выделяемые борщевиками вещества также обладают ингибирующим эффектом, т. е. оказывают сильный аллелопатический эффект в природных и агроценозах [1].

Растения борщевика Сосновского предпочитают солнечные места с влажной плодородной почвой. Данный вид проявляет признаки сильного конкурента, формируя монодоминантные сообщества и вытесняя из захваченного местообитания другие виды растений. Попадая в луговые, а в редких случаях и лесные сообщества, борщевик легко вытесняет аборигенные виды. Сообщества с доминированием борщевика в естественных и антропогенных местообитаниях однообразны по флористическому составу, так как под пологом борщевика могут с небольшим обилием существовать лишь немногие теневыносливые виды [14]. Успешной инвазии способствуют: большая семенная продуктивность, высокая всхожесть семян, длительный срок сохранения их жизнеспособности, а также несинхронный ритм онтогенетического развития. У данного вида имеется несколько репродуктивных стратегий: вегетативная экспансия, сезонная регенерация, возобновление за счет банка семян и за счет многочисленных рассеиваемых семян, которые могут распространяться также во время паводка [13].

С химической точки зрения борщевик Сосновского обладает большим набором природных минеральных и биологически активных химических соединений. Он содержит около 10% сахаров, до 16% белков, дубильные вещества, альдегиды, кислоты, эфи-

ры, эфирное масло, глютамин, витамины С и Р, фолиевую кислоту, галатон, арабан, вещества кумаринового ряда, 17 аминокислот, макро- и микроэлементы. В 100 г свежих листьев и побегов содержится 12,6 мг железа, 1,2 мг меди, 2,6 мг марганца, 0,58 мг никеля, 1,9 мг титана, 2,8 мг бора [12]. Твердость растению придает лигнин, содержание которого в растении колеблется в пределах 20–30% [11].

Токсические свойства борщевика связаны с алкалоидами, тритерпеновыми сапонинами, флавоноидами, фуру- или фуранокумаринами. Фурукумарины вызывают фотодинамическую активность тканей, в результате которой резко повышается чувствительность кожи человека к солнечному излучению, приводящая к возникновению глубоких, труднозаживающих ожогов. При попадании фурукумаринов внутрь с пищей могут возникнуть галлюциногенные явления.

В состав зеленой массы борщевика входят разнообразные поверхностно активные вещества, растворимые и нерастворимые в воде. Экспериментально установлено, что в зависимости от избранного экстрагента в экстракты переходят те или иные группы соединений, содержащиеся в данном растительном сырье [5]. В органические экстракты переходят главным образом фурукумарины – кислородсодержащие гетероциклические биологически активные соединения. В экстрактах из листьев и молодых побегов борщевика обнаружено преобладание фурукумаринов псораленового ряда – псоралена, бергаптена, ксантотоксина [4]. Процесс извлечения фурукумаринов из стеблей, листьев и семян борщевика Сосновского представляет собой достаточно сложную задачу. Содержание фурукумаринов в борщевике значительно выше, чем в других зонтичных растениях.

Традиционно для выделения биологически активных веществ используют метод экстрагирования одним из известных растворителей. Чаще всего в качестве экстрагента применяют хлороформ, эфир и этиловый спирт. По данным разных авторов, в одном килограмме борщевика содержится от 4 до 8 г кумаринов, способных переходить в органический экстракт [4]. В органическом экстракте борщевика преимущественно присутствуют фурукумарины, а длинноцепочечные водорастворимые биополимеры (белки и пектины) отсутствуют [22]. Из фотосенсибилизирующих фурукумаринов в экстрактах борщевиков присутствуют псорален, бергаптен, ксантотоксин, императорин, изопимпинеллин [6].

Опубликованы данные о наличии у эфирных масел борщевика Сосновского антибактериального эффекта против грамположительных и грамм-отрицательных бактерий (*Escherichia*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Pseudomonas*, *Klebsiella*, *Salmonella*, *Citrobacter*, *Proteus*, *Enterobacter*, *Micrococcus*) и фитопатогенных бактерий (*Ervinia*, *Carotovora*); противогрибкового действия (дрожжеподобные грибы родов *Candida*, *Mucor*, фитопатогенные грибы родов *Aspergillus*, *Fusarium*); антивирусного эффекта против вирусов гриппа типа А и В; антигельминтной активности (дегельминтизация животных путем дачи нажировочного корма); противопаразитарного действия (фитотерапия животных) [11]. Кроме того, приводятся сведения о возможности переработки растительной массы этого растения в технический спирт, а также о перспективах использования в целлюлозно-бумажной промышленности для производства грубой бумаги и упаковочного картона.

Цель представленных исследований состояла в установлении инсектоакарицидных свойств борщевика Сосновского для создания на его основе природного средства для защиты растений от комплекса членистоногих вредителей. При этом не ставилось задачи выделения из экстрактов какого-либо химического соединения со специфическими токсическими свойствами. За действующее начало принимался весь комплекс экстрагированных биологически активных компонентов.

Материалы и методы

В предшествующих исследованиях было установлено, что одним из наиболее перспективных биопродуцентов инсектицидных веществ является борщевик Сосновского [16, 17]. В опытах изучали более 30 видов растений, потенциально обладающих биоцидной активностью.

Основной задачей настоящего исследования являлось испытание более 30 образцов препаративных форм, разработанных, в основном, на основе этаноловых экстрактов биологически активных веществ из борщевика Сосновского.

При изготовлении образцов препаративных форм использовали две технологии:

- ускоренную, когда экстракт готовили в течение 7-дневного выдерживания в термостате при температуре 40°;

- продолжительную, когда экстрагирование осуществляли в течение 30 дней при комнатной температуре, после чего жидкая фаза отфильтровывалась.

В отдельных случаях концентрацию действующих веществ доводили до максимально допустимого уровня, когда консистенция экстракта имела состояние текучей пасты или густой жидкости. Растительный материал использовали в сухом виде после естественного высушивания в помещении или при 30° в термостате. Измельчение растений до пылевидного состояния проводили в лабораторной электрической мельнице.

В 2021 г. были проведены рекогносцировочные исследования по установлению инсектоакарицидной активности борщевика Сосновского с использованием этаноловых экстрактов, в 2022 г. – испытания различных образцов препаративных форм на основе данного растения.

Поскольку основой данного ряда образцов препарата является спиртовая фракция, особой необходимости в добавлении консервантов к большинству образцов не было. Кроме того, был испытан ряд препаративных форм, изготовленных путем извлечения действующих веществ с использованием гидроглицерриновых экстрагентов, как это делается в фармакологии [9]. В качестве антисептика в состав некоторых образцов добавляли консервант после повышения концентрации биоматериала до 25% и более, поскольку в отдельных случаях основная часть экстрагента после фильтрации поступала в отход. Во все образцы вводилось поверхностно активное вещество в качестве прилипателя (10% от массы).

Таким образом, варианты апробированных образцов препаратов на основе разных растений отличались содержанием экстрагируемого действующего начала, технологией извлечения токсикантов, наличием консервирующих веществ.

При проведении испытаний в качестве тест-объектов использовали большую группу таких видов тлей, как:

- бобовая (или свекловичная) – *Aphis fabae* Scopoli;
- вишневая – *Myzus cerasi* Fabricius;
- гелихризовая – *Brachycaudus helichrysi* Kalt.;
- грушево-зонтичная – *Anuraphis pyrilaseri* Shaposhnikov;
- зеленая розанная – *Macrosiphum rosae* L.;
- зеленая яблонная – *Aphis pomi* De Geer;
- капустная – *Brevicoryne brassicae* L.;
- кизиловая – *Anoecia corni* F.;
- крыжовниковая побеговая – *Aphis grossulariae* Kaltentb.;
- сливовая опыленная – *Hyalopterus pruni* Geoffr.;
- черная калиновая – *Aphis viburni* Scopoli.

Из сосущих вредителей хорошим тест-объектом проявил себя обыкновенный паутинный клещ – *Tetranychus urticae* C.L. Koch.

Из листогрызущих вредных насекомых испытания проводили только на личинках колорадского жука – *Leptinotarsa decemlineata* Say.

Насекомых и клещей для лабораторных экспериментов собирали в природных станциях на разных видах культурных и сорных растений при условии достижения ими достаточно высокой плотности популяции.

Постановку опытов в лаборатории осуществляли по мере появления в природе того или иного вида членистоногих в уязвимой фазе развития.

При использовании инсектицидов на тлях очень важным фактором является хорошая прилипаемость препаратов, обеспечивающая проникновение токсиканта через внешнюю кутикулу, в большинстве случаев содержащую восковые покрытия. Чаще всего это качество покровов является наиболее важным фактором устойчивости насекомых к действию инсектицидов. В связи с этим в состав инсектицидного препарата вводили компонент, представляющий собой поверхностно активное вещество.

Оценку инсектицидного действия образцов экстрактов проводили в лабораторных условиях в чашках Петри по общепринятым методикам выявления инсектоакарицидного и других типов воздействия химических соединений на членистоногих [3, 8]. Обработку тест-объектов и частей растений (листья, веточки, соцветия) проводили микро-пульверизатором объемом 10 мл. На тлях и клещах эксперимент продолжали в течение 1–3 дней, пока части растений сохраняли в чашках Петри нормальное физиологическое состояние. Дно чашек выстилали фильтровальной бумагой и ежедневно смачивали водой. Количество тест-объектов в одной повторности составляло не менее 50 экз., при работе с личинками колорадского жука 1–3 возрастов – 10 экз. Повторность вариантов – 4–5-кратная. Контроль – обработка водой. В отдельных опытах в качестве эталонов использовали известные инсектицидные препараты группы авермектинов: Вертимек, КЭ и Фитоверм, КЭ. Биологическую эффективность образца определяли по гибели учетных особей в каждой повторности, принимая во внимание естественную смертность особей в контроле и используя следующую формулу:

$$C = \frac{A - B}{100 - B} \cdot 100\%,$$

где C – биологическая эффективность, %;

A – гибель насекомых в опыте, %;

B – гибель насекомых в контроле, % [8].

Статистическую обработку полученных данных проводили методом дисперсионного анализа с использованием специальной программы компьютерного обеспечения.

При анализе того или иного препарата в качестве инсектицидного средства по результатам экспериментов необходимо учитывать степень варибельности достижения биологической эффективности, поскольку последняя находится в существенной зависимости от многих факторов (вид тест-объекта, вид растения), но в самой большей степени – от нормы применения препарата или концентрации рабочего раствора, которые и определяют результат. Анализируя данные проведенных опытов, мы приняли за удовлетворительную биоцидную активность препаративной формы показатель воспроизводимости, который определяли процентом экспериментов с результатом биологической эффективности выше среднего значения (60%),

Результаты и их обсуждение

В 2021 г. было доказано наличие инсектоакарицидных свойств у борщевика Сосновского. Для приготовления этаноловых экстрактов использовали измельченные свежие листья и стебли растения, масса которых при извлечении биологически активных компонентов составляла 20% при настаивании в лабораторных условиях в течение 1 месяца. Сначала были испытаны высокие концентрации рабочего раствора (4–5%) на грушево-

зонтичной гле. При смертности особей данного вида от 11 до 42% биологическая эффективность была на уровне 40% и ниже. При этом более высокие показатели эффективности были отмечены при использовании 70% этилового спирта, что позволило сделать вывод о недостаточном количестве токсичных веществ, вследствие чего была предпринята попытка их концентрирования путем выпаривания в термостате при температуре +60°. В опытах на том же тест-объекте при концентрации рабочего раствора 4% не удалось повысить эффективность экстрактов при увеличении исходной концентрации в 10–15 раз, причем существенно более эффективным показал себя экстракт на 96% этаноле.

Далее испытания были продолжены на обыкновенном паутином клеще при 4–5% концентрациях водного раствора (табл. 1).

Таблица 1. Эффективность концентрированных экстрактов борщевика против обыкновенного паутинового клеща на огурце (концентрация рабочего раствора – 4%)

№ п/п	Варианты	Концентрация этанола, %	Количество особей в эксперименте, экз.	Смертность, %	Биологическая эффективность, %
Опыт 1					
1	Вода (контроль)	–	612	7,4	–
2	Экстракт борщевика	70	317	35,3	30,2
3		70*	300	78,0	76,2
4		96	301	73,4	71,3
5		96*	311	82,0	80,6
НСР ₀₅ = 5,2					
Опыт 2					
1	Вода (контроль)	–	392	17,1	–
2	Экстракт борщевика	70*	278	79,4	75,2
3		96	290	67,9	61,2
4		96*	392	68,8	62,3
5**		70*	222	61,2	53,1
6**		96	240	90,9	89,0
7**		96*	246	73,7	68,2
НСР ₀₅ = 6,2					

Примечание: * – экстракты упарены в 15 раз; ** – концентрация рабочего раствора составляет 5%.

В опыте 1 (концентрация рабочего раствора – 4%) отмечено, что увеличение содержания действующих веществ экстракта в 15 раз повысило биологическую эффективность экстракта на 70% этаноле более чем в 2 раза, а на 96% – не более чем на 10%. В опыте 2 сравнили аналогичные экстракты в двух концентрациях рабочего раствора – 4 и 5%. При применении экстракта на 96% этаноле (сконцентрированный по действующим веществам) с увеличением концентрации рабочего раствора отмечено повышение биологической эффективности более чем на 20%, в то время как при применении экстракта на 70% этаноле, наоборот, отмечено снижение эффективности – приблизительно на 20%.

Исходный 96% экстракт без концентрирования показал наибольший токсический эффект – 89%, который увеличился с повышением концентрации рабочего раствора почти на 30%. Таким образом, мы пришли к выводу, что упаривание экстракта не приводит к достаточно эффективному повышению его токсических свойств, возможно, из-за разрушения каких-то биоцидных соединений при нагревании. В результате было принято решение продолжить исследования с натуральным экстрактом на 70% этаноле. Данный экстракт в двух последующих экспериментах на паутином клеще оценили в 1% рабочей концентрации, которая аналогична регламенту используемого в качестве эталонного препарата Вертимек. Биологическая эффективность опытного образца составила соответственно 95,1 и 100%, при 100% эффективности эталонного варианта.

После установления высокой эффективности экстракта из борщевика на 70% этаноле на данном объекте была предпринята попытка снижения рабочей концентрации до 0,3%. В опыте 1 снижение концентрации рабочего раствора до 0,3% не повлияло на эффективность экстракта, которая была несущественной (на 4–5% ниже эталона). В опыте 2 биологическая эффективность опытного образца в 1% концентрации была существенно выше значений эталонного варианта (табл. 2). Аналогичные варианты со сниженной дозировкой экстракта были апробированы на зеленой розанной тле (табл. 3).

Таблица 2. Биологическая эффективность 70% этанолового экстракта из борщевика Сосновского на паутинном клеще при различных концентрациях рабочего раствора

№ п/п	Варианты	Концентрация рабочего раствора, %	Количество особей в эксперименте, экз.	Смертность, %	Биологическая эффективность, %
Опыт 1					
1	Вода (контроль)	–	333	14,3	–
2	Вертимек (эталон)	1,0	370	100	100
3	Борщевик Сосновского	1,0	350	96,0	95,3
4		0,5	372	96,5	95,9
5		0,3	324	95,2	94,4
НСР ₀₅ = 7,2					
Опыт 2					
1	Вода (контроль)	–	365	5,5	–
2	Вертимек (эталон)	1,0	360	72,5	70,9
3	Борщевик	1,0	320	98,8	98,7
НСР ₀₅ = 8,0					

Как следует из данных таблицы 2, снижение рабочей концентрации до 0,3% существенно не повлияло на биологическую эффективность образца препарата (94,4%), которая была практически на одном уровне с вариантом применения 0,5% раствора (95,9%) и незначительно уступала эталонному варианту (Вертимек, КЭ) (100%).

Таблица 3. Эффективность образцов на основе исходных экстрактов растений против розанной тли на розах при различных рабочих концентрациях

№ п/п	Варианты	Концентрация рабочего раствора, %	Количество особей в эксперименте, экз.	Смертность, %	Биологическая эффективность, %
1	Вода (контроль)	–	270	3,3	–
2	Вертимек (эталон)	1,0	279	93,5	93,5
3	Борщевик Сосновского	1,0	228	28,9	26,5
4		0,5	225	60,0	58,6
5		0,3	372	88,7	88,3
НСР ₀₅ = 7,2					

Экстракт борщевика Сосновского был использован в ряде экспериментов по испытанию экстрактов разных растений на кизиловой тле, развивающейся на декоративном кустарнике дёрена. В эталонных вариантах использовали препараты Вертимек и Фитоверм (табл. 4).

Таблица 4. Биологическая эффективность 70% этанолового экстракта из борщевика Сосновского против кизиловой тли

№ п/п	Варианты	Концентрация рабочего раствора, %	Количество особей в эксперименте, экз.	Смертность, %	Биологическая эффективность, %
Опыт 1					
1	Вода (контроль)	–	322	14,9	–
2	Фитоверм, КЭ (эталон)	1,0	262	99,2	99,1
3	Борщевик Сосновского	1,0	432	80,6	77,2
НСР ₀₅ = 6,2					
Опыт 2					
1	Вода (контроль)	–	517	26,5	–
2	Вертимек, КЭ	1,0	394	100	100
3	Борщевик Сосновского	1,0	354	100	100
4		2,0	276	88,0	83,7
НСР ₀₅ = 7,2					
Опыт 3					
1	Вода (контроль)	–	390	11,4	–
2	Вертимек, КЭ	1,0	303	71,8	71,8
3	Борщевик Сосновского	1,0	364	84,6	84,6
НСР ₀₅ = 8,3					

На капустной тле экстракт на основе борщевика показал высокий результат, его биологическая эффективность составила 92,5%, что, однако, на 7,5% ниже эталона – Вертимек, КЭ.

Таким образом, исследованиями было установлено наличие у борщевика Сосновского инсектоакарицидных свойств.

В 2022 г. работа в данном направлении была продолжена, и основной задачей являлась разработка препаративных форм для создания нового биоцидного препарата. В процессе исследований изготавливали различные образцы, отличие которых состояло в количестве действующей композиции, адьюванта (органический гель) и антисептического консерванта (при недостаточном содержании этилового спирта). Среди испытанных в качестве активирующих добавок и поверхностно активных веществ было апробировано 7 известных адьювантов. В результате эксперимента был отобран показавший наиболее высокую эффективность препарат, который добавляли во все испытываемые образцы в количестве 10%. Кроме того, были апробированы варианты, препаративные формы с использованием гидроглицериновых экстрактов. Все образцы были закодированы буквенно-цифровыми индексами.

На смородине испытали несколько образцов препаративных форм против многоядного сосущего вредителя – бобовой тли. Наиболее высокий результат при биологической эффективности 69,6% был получен после обработки листьев и насекомых образцом 1Б (экстрагент – этанол 96% концентрации) (табл. 5). Близким к данному эффекту можно считать образец 2Б на 70% этаноле, существенно от него не отличался вариант на гидроглицериновом экстракте.

Таблица 5. Биологическая эффективность образцов инсектицидного препарата на основе борщевика Сосновского по отношению к бобовой тле на черной смородине (концентрация рабочего раствора – 1%)

№ п/п	Варианты	Экстрагент	Количество особей в эксперименте, экз.	Смертность, %	Биологическая эффективность, %
1	Вода (контроль)	–	400	16,1	–
2	1Б	Этанол 96%	330	74,5	69,6
3	2Б	Этанол 70%	339	68,5	62,5
4	3Б	Этанол 40%	450	53,3	44,3
5	9Б	Вода, глицерин, консервант	219	66,9	60,5
НСР ₀₅ = 6,3					

На черной смородине против крыжовниковой побеговой тли наибольшую эффективность показал образец 1 Б, который, однако, несущественно отличался от образца 2 Б. Близкий результат отмечен на варианте использования образца инсектицидного препарата на гидроглицериновом экстракте – 9Б (табл. 6). Образцы на более слабом спиртовом и водном экстрактах с добавлением консерванта были существенно менее токсичны для данного вида тлей.

Таблица 6. Сравнительная биологическая эффективность образцов инсектицидного препарата на основе борщевика Сосновского по отношению к крыжовниковой побеговой тле на черной смородине (концентрация рабочего раствора – 1%)

№ п/п	Варианты	Экстрагент	Количество особей в эксперименте, экз.	Смертность, %	Биологическая эффективность, %
1	Вода (контроль)	–	400	21,0	–
2	1Б	Этанол 96%	438	77,2	71,1
3	2Б	Этанол 70%	432	73,8	66,8
4	3Б	Этанол 40%	375	57,8	46,6
5	4Б	Вода, консервант	414	58,2	47,1
6	5Б		351	58,6	47,6
7	6Б		366	48,7	35,1
8	7Б*		318	53,3	40,9
9	9Б	Вода, глицерин, консервант	306	69,3	61,1
НСР ₀₅ = 6,3					

Примечание: * – содержание действующей композиции увеличено по сравнению с образцом 6Б на 50%.

Недостаточно высокая эффективность испытанных образцов, полученная в большинстве опытов, позволила предположить, что причиной этого может быть низкое содержание действующих веществ в препаративных формах, поэтому были сделаны отдельные образцы с увеличенным в 2 раза содержанием биологического материала при экстрагировании. Однако в серии экспериментов увеличение концентрации биоматериала при экстрагировании в 1,5–2,0 раза не привело к желаемому результату. Таким образом, был сделан вывод, что, как и при работе с экстрактами, для каждой препаративной формы необходим поиск оптимальной концентрации действующего начала. Такая работа была проведена. В таблице 7 представлены результаты одного из экспериментов на кизиловой тле, когда испытывали образцы препаративных форм на этаноле 70% экстракте при различном содержании действующих веществ. Биологическая эффективность в данном опыте варьировала от 48,2 до 97,2%. Эффекты действия 20% экстрактов по средней активности увеличивались не более чем на 8% по сравнению с низкоконцентрированными образцами, а дальнейшее увеличение содержания действующей композиции в 2,5 раза снижало инсектицидные свойства препарата на 10%. При этом в одних образцах эффективность усиливалась при более низкой концентрации рабочего раствора (8Б), в других – снижалась (14Б).

Таблица 7. Инсектицидная активность образцов препаративных форм при разных технологиях изготовления и концентрациях рабочего раствора (экстрагент – 70% этанол)

№ п/п	Варианты	Содержание биомассы при экстрагировании, %	Концентрация рабочего раствора, %	Смертность, %	Биологическая эффективность, %	Средняя эффективность, %
1	Вода (контроль)	–	–	0,9	–	–
3	8Б	10	0,5	68,1	67,8	58,0
4			1,0	48,7	48,2	
5	14Б	20	0,5	36,1	35,5	66,4
6			1,0	97,2	97,2	
7	15Б	20	0,5	82,2	81,3	83,5
8			1,0	85,8	85,7	
9	19Б	25	0,5	49,6	49,1	48,8
10			1,0	49,0	48,5	
НСР ₀₅ = 6,2						

Далее представлены результаты испытаний наиболее активных образцов препаратов, показавших биологическую эффективность при смертности особей тест-объекта более 60%. Данные, полученные в лабораторных экспериментах на разных тест-объектах, показывают эффективность различных препаративных форм при обработке частей растений и подопытных особей рабочим раствором в концентрации 1%, хотя при более высоких концентрациях рабочего раствора (до 2–3%) в отдельных опытах иногда достигались достаточно высокие результаты. Однако такие дозировки требуют большого расхода препарата (как минимум 2–3 л/га, что технически можно реализовать только в хозяйствах населения).

Самой большой группой используемых тест-объектов являлись тли. Данная группа насекомых благодаря многим морфологическим (наличие воскового покрова, полиморфизм) и биологическим (высокая скорость онтогенеза и быстрая смена поколений, колониальный образ жизни, живорождение, смена хозяев) особенностям, при испытании средств защиты растений, как правило, показывают широкую вариабельность устойчивости к средствам защиты. Тем не менее в качестве целевой группы вредителей при регистрации средств защиты не требуется видовая идентификация. Вследствие этого, для получения более объективной оценки эффективности разрабатываемых биоцидов, желательно выявить токсическую активность опытных образцов на широком круге видов группы вредителей, что нам и удалось сделать при проведении экспериментов.

Как видно из таблицы 8, биологическая эффективность образцов в опытах варьировала в достаточно широких пределах. В частности, при использовании образца 10Б отмечена высокая эффективность против черной калиновой тли – до 92%, а в отношении вишневой и зеленой яблонной тлей – в пределах 64–70%. При этом эталонный вариант Вертимек стабильно обеспечивал эффект на уровне 95–97%. При использовании образца 2Б биологическая эффективность была на уровне 94% против бобовой тли, а против кизиловой тли – в пределах 62–84%. Варьирование эффектов может быть обусловлено также структурными изменениями популяции отдельного вида. В целом по результатам всех проведенных опытов на группе тлей была проанализирована воспроизводимость результатов у основных наиболее активных образцов препаративных форм (рис. 1).

Таблица 8. Эффективность различных образцов препаративных форм биопрепарата при оценке на различных видах тлей (лабораторные опыты, концентрация рабочего раствора – 1%)

Вредный объект	№ опыта	Препаративная форма	Основные характеристики экстракта	Смертность, %	Биологическая эффективность, %	НСР ₀₅ , %
Черная калиновая тля	1	Вода (контроль)	–	9,8	–	5,0
		Вертимек (эталон)	–	97,5	97,2	
		8Б	Этанол 70% (ферментирован)	81,7	79,7	
		10Б	Этанол 70%, глицерин, консервант	93,0	92,2	
Зеленая яблонная тля	2	Вода (контроль)	–	21,0	–	6,2
		Вертимек (эталон)	–	96,2	95,2	
		10Б	Этанол 70%, глицерин, консервант	76,4	70,1	
Вишневая тля	3	Вода (контроль)	–	17,5	–	6,4
		Вертимек (эталон)	–	97,0	96,4	
		8Б	Этанол 70% (ферментирован)	75,3	70,0	
		10Б	Этанол 70%, глицерин, консервант	69,30	62,8	
Бобовая тля	4	Вода (контроль)	–	1,5	–	6,5
		Вертимек (эталон)	–	100	100	
		2Б	Этанол 70%	94,1	94,0	
Кизиловая тля	5	Вода (контроль)	–	–	6,1	5,3
		2Б	Этанол 70%	65,8	63,6	
		21Б	Вода, консервант	72,6	70,8	
	6	20Б	–	98,6	98,5	5,2
		2Б	Этанол 70%	65,8	63,6	
		21Б	Вода, консервант	72,6	70,8	
		25Б	Этанол 96% вода, консервант	71,5	69,7	
	7	25Б (а)*	Этанол 96%, вода, консервант	79,6	78,3	6,3
		Вода (контроль)	–	0,9	–	
	8	2Б	Этанол 70%	62,5	62,1	6,2
		Вода (контроль)	–	5,8	–	
	9	2Б	Этанол 70%	84,4	83,9	5,8
		1Б	Этанол 96%	96,6	96,5	
13Б		83,1		82,5		
20Б		98,6		98,5		
Вода (контроль)		–	3,0	–		

Примечание: * – длительное экстрагирование при комнатной температуре в течение 30 дней.

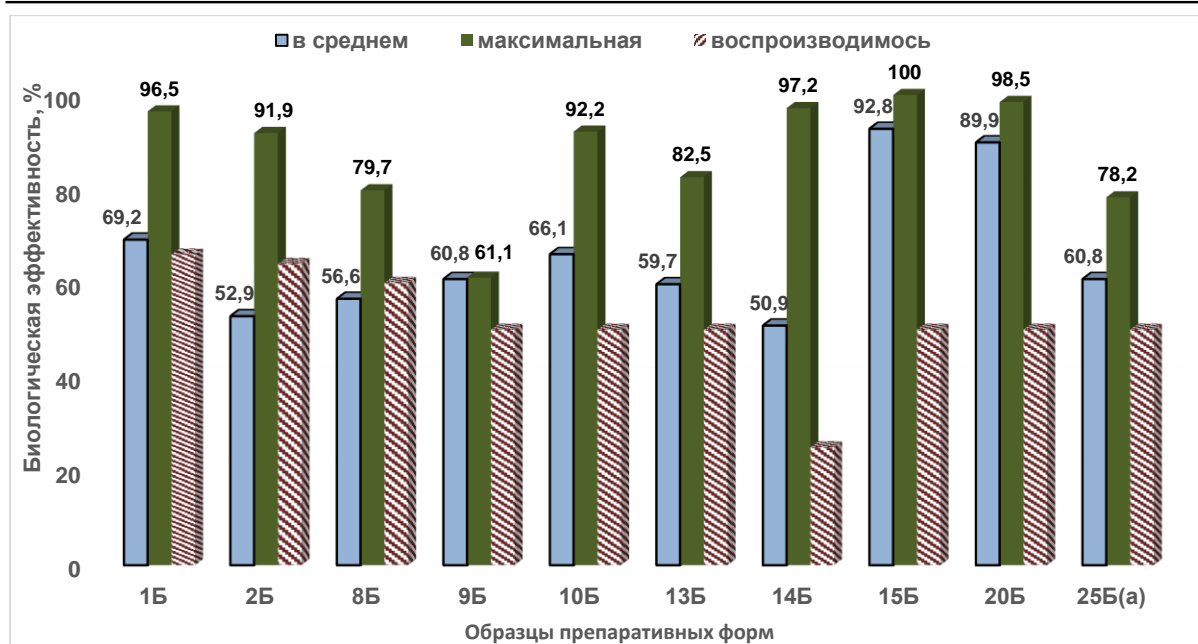


Рис. 1. Биологическая эффективность и воспроизводимость действия образцов на основе борщевика Сосновского по отношению к группе тлей

Из образцов на основе борщевика Сосновского 6 препаративных форм показали эффективность более 90%, в отдельных случаях – на уровне химического эталона Вертимек. Однако по воспроизводимости результата как наиболее важного показателя универсальности и активности действия препарата предпочтителен образец 1Б, два других образца (15Б и 20Б) показали хорошие усредненные результаты, но по воспроизводимости уступали предыдущему, что вызывает необходимость их более тщательной проверки. Три образца признаны перспективными для проведения дальнейших исследований.

В отношении акарицидного действия испытываемых образцов также нужно отметить вариабельность показателя биологической эффективности (рис. 2, табл. 9).

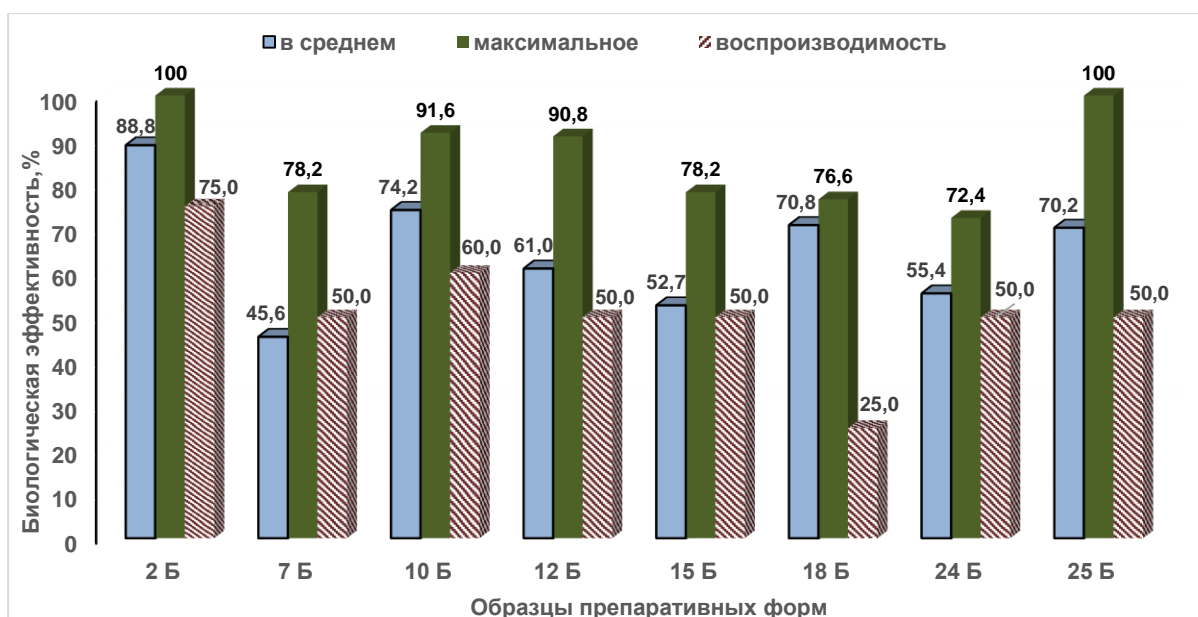


Рис. 2. Акарицидное действие образцов на основе экстрактов борщевика Сосновского по отношению к обыкновенному паутинному клещу

Таблица 9. Эффективность акарицидного действия образцов препаративных форм против обыкновенного паутинного клеща (лабораторные опыты, концентрация рабочего раствора – 1%)

№ опыта	Препаративная форма	Основные характеристики экстракта	Смертность, %	Биологическая эффективность, %	НСР ₀₅ , %
1	Вода (контроль)	–	6,3	–	4,8
	Вертимек (эталон)	–	100	100	
	2Б	Этанол 70%	100	100	
	7Б	Вода, консервант	79,6	78,2	
	10Б	Этанол 70%, глицерин, консервант	75,2	73,5	
	12Б	Этанол 95%, глицерин, вода	91,4	90,8	
	25Б	Этанол 95%, вода, консервант	100	100	
2	Вода (контроль)	–	3,08	–	6,1
	Вертимек (эталон)	–	88,0	87,7	
	2Б	Этанол 70%	88,8	2	
	18Б	Этанол 70%, глицерин, консервант	69,2		
	10Б	Этанол 70%, глицерин	65,3		
3	Вода (контроль)	–	11,8	–	5,8
	Вертимек (эталон)	–	98,3	–	
	2Б	Этанол 70%	76,0	72,8	
	15Б	Этанол 70%	80,8	78,2	
	7Б	Вода	79,0	76,2	
	24Б	Вода, консервант	75,6	72,4	
	18Б	Этанол 70%, глицерин, консервант	72,1	68,4	
	10Б	Этанол 70%, глицерин, консервант	68,3	64,1	
	12Б	Этанол 96%, гидроглицерин	89,5	88,1	
25Б	Этанол 96%, вода, консервант	0,2	88,9		

Так, эффективность образца 2Б в разных экспериментах находилась в пределах от 73 до 100%, в меньшей степени варьировала эффективность у образца 10Б (64–74%). Суммарно по всем опытам на данном тест-объекте наиболее высокую среднюю эффективность показали 2 образца: 15Б и 20Б при недостаточно высокой воспроизводимости результата. Наибольшей стабильностью действия отличался образец 1Б при максимальной эффективности 96,5%. Данные варианты можно признать перспективными для создания биопрепарата и оптимизации его действия.

В качестве акарицидных наиболее эффективными по результатам проведенных экспериментов на обыкновенном паутинном клеще можно признать образцы на основе борщевика Сосновского 2Б, 10Б и 25Б, у которых отмечены самые высокие показатели и максимальной, и средней эффективности при более значимой воспроизводимости результатов.

Препаративные формы на основе борщевика Сосновского прошли лабораторные испытания также на представителе листогрызущих насекомых – колорадском жуке.

Данный вид относится к насекомым, обладающим наиболее высокой устойчивостью к инсектицидам, которая зачастую является перекрестной. В экспериментах в основном использовали личинок первого-второго, реже – третьего возрастов как наиболее уязвимых стадий развития данного вида, против которых и предназначено применение всех средств защиты. На данном тест-объекте прошли апробацию все изготовленные образцы препаративных форм, однако достаточно эффективных среди изготовленных вариантов не найдено. При высокой концентрации рабочего раствора (до 5%) наибольшую эффективность (67%) против колорадского жука показал только один образец – 1Б.

Была предпринята попытка использовать экстракты, при изготовлении которых применяли смеси биомассы разных растений, в частности образец 8С на основе борщевика Сосновского и чемерицы Лобеля. В одном из опытов экстракт показал биологическую эффективность на уровне 91%.

Выводы

Проблема поиска новых экологически щадящих средств для борьбы с вредными членистоногими остается весьма актуальной. В течение трех лет проводили исследования по выявлению наиболее эффективных растительных биопродуцентов токсичных для данной группы вредных объектов биологически активных веществ в целях создания биоцидного препарата. Было проведено биологическое тестирование более 30 видов растений, известных своими инсектицидными свойствами и произрастающих в центральной европейской части России. Среди них особенно интересным растением проявил себя борщевик Сосновского, обладающий мощной вегетативной массой, имеющий большие зоны распространения в дикой природе и статус одного из наиболее злостных сорных видов. В его составе имеется широкий набор биологически активных веществ, среди которых особый интерес представляют алкалоиды группы фурукумаринов.

В лабораторных экспериментах экстракты из борщевика Сосновского различных типов показали высокий биоцидный эффект по отношению к разным видам тлей и обыкновенному паутинному клещу, который был соизмерим с уровнем эффективности известных инсектицидных препаратов группы авермектинов (Фитоверм и Вертимек) и достигал 80–90%. При испытании около 30 образцов препаративных форм на основе спиртовых, водных и гидроглицериновых экстрактов борщевика Сосновского было найдено 3 достаточно высоко эффективных образца с инсектицидной и 3 – с акарицидной активностью. Данные препаративные формы являются перспективными для разработки новых биологических средств борьбы с вредными членистоногими, с которыми будут продолжены исследования в лабораторных и полевых условиях.

Список источников

1. Бочкарев Д.В., Никольский А.Н., Смолин Н.В. Трансформация пойменно-лугового фитоценоза при внедрении в него адвентивного сорного вида – борщевика Сосновского // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2011. № 7(81). С. 36–40.
2. Васильева Т.И., Иванова Г.П., Сухорученко Г.И. и др. Избирательная инсектицидная активность экстрактов растений // Защита растений в условиях реформирования агропромышленного комплекса: экономика, эффективность, экологичность: тезисы докладов Всероссийского съезда по защите растений (Санкт-Петербург, 04–09 декабря, 1995 г.). Санкт-Петербург: Всероссийский НИИ защиты растений РАСХН (Пушкин), 1995. С. 396.
3. Выявление инсектоакарицидного, рострегулирующего и других типов воздействия химических соединений на членистоногих: методические рекомендации; под. ред. Кукуленко С.С., Андреева Е.И. Черкассы: НИИ ТЭХИМ, 1982. 62 с.
4. Зориков П.С., Черняк Д.М., Юрлова Л.Ю. и др. Содержание фурукумаринов в борщевике Сосновского // Естественные и технические науки. 2012. № 6(62). С. 152–154.
5. Иванова Т.А., Матвеева Т.Н., Чантурия В.А. и др. Особенности состава многокомпонентных экстрактов борщевика и его влияние на флотационные свойства золотосодержащих сульфидов // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2015. Т. 51, № 4. С. 819–824. DOI: 10.1134/S1062739115040190.
6. Иманлы Г.А., Серкерев С.В. Кумариновые производные корней *Angelica sachokiana* (Karjag.) M. Pimen. et. V. Tikhomirov // Химия растительного сырья. 2015. № 4. С. 165–168.

7. Исмаилов В.Я., Каклюгин В.Я., Ширинян Ж.А. и др. Новые результаты испытаний биопестицидов терпеноидного ряда // Актуальные проблемы биологической защиты растений: матер. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию Т.Т. Буденко (Республика Беларусь, г. Минск, 12–14 ноября 1995 г.). Минск: Белорусский научно-исследовательский институт защиты растений, 1988. С. 56–58.
8. Коваленков В.Г., Тюрина Н.М. Методические рекомендации по мониторингу чувствительности фито- и энтомофагов к применяемым инсектицидам. Москва: Изд-во Россельхозакадемии, 2002. 32 с.
9. Леонова М.В., Климошкин Ю.Н. Экстракционные методы изготовления лекарственных средств из растительного сырья: учебное пособие. Самара: Самарский государственный технический университет, 2012. 118 с.
10. Манденова И.П. Борщевик – *Heracleum L.* // Флора СССР. Т. XVII. Зонтичные – Кизиловые. Род 1069. *Heracleum L.*; глав. ред. акад. В.Л. Комаров; редактор тома Б.К. Шишкин. Москва-Ленинград: Изд-во Академии наук СССР, 1951. С. 223–259.
11. Мусихин П.В., Сигаев А.А. Исследование физических свойств и химического состава борщевика Сосновского и получение из него волокнистого полуфабриката // Современные наукоемкие технологии. 2006. № 3. С. 65–67.
12. Орлин Н.А. Об извлечении кумаринов из борщевика // Успехи современного естествознания. 2010. № 3. С. 13–14.
13. Панасенко Н.Н., Вихрова И.В., Холенко М.С. Распространение, биология и фитоценологические связи борщевика Сосновского в Брянской области // Ученые записки Брянского государственного университета. 2021. Т. 2, № 22. С. 39–46.
14. Панасенко Н.Н., Харин А.В., Ивенкова И.М. и др. Сообщества растений-трансформеров: ассоциация *Urtica dioica*-*Heracleum sosnowskyi* // Бюллетень Брянского отделения Русского ботанического общества. 2014. № 2(4). С. 48–53.
15. Протопопова В.В., Шевера М.В. Інвазійні види у флорі України. I. Група високо активних видів // GEO & BIO. 2019. Т. 17. С. 116–135. DOI: 10.15407/gb.2019.17.116.
16. Рябчинская Т.А., Бобрешова И.Ю., Каширских Ю.В. и др. К вопросу разработки нового биоцидного препарата на основе растительных компонентов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14, № 2(69). С. 57–70. DOI: 10.53914/issn 2071-2243_2021_2_57.
17. Рябчинская Т.А., Бобрешова И.Ю., Каширских Ю.В. Растения в качестве биопродукторов биоцидных веществ и перспективы создания на их основе биологических инсектоакарицидов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 2(73). С. 87–94. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_2_87.
18. Сацыперова И.Ф. Борщевики флоры СССР – новые кормовые растения. Ленинград: Наука, 1984. 223 с.
19. Смирнова И.М., Миронов В.Г. Применение хвойных препаратов для защиты яблони от вредителей // Защита растений в условиях реформирования агропромышленного комплекса: экономика, эффективность, экологичность: тезисы докладов Всероссийского съезда по защите растений (Санкт-Петербург, 04–09 декабря, 1995 г.). Санкт-Петербург: Всероссийский НИИ защиты растений РАСХН (Пушкин), 1995. С. 459–460.
20. Сундуков О.В., Филлипова О.А., Черменская Т.Д. и др. Акарицидное действие экстрактов растений // Защита растений в условиях реформирования агропромышленного комплекса: экономика, эффективность, экологичность: тезисы докладов Всероссийского съезда по защите растений (Санкт-Петербург, 04–09 декабря, 1995 г.). Санкт-Петербург: Всероссийский НИИ защиты растений РАСХН (Пушкин), 1995. С. 465–466.
21. Ткаченко К.Г. Особенности репродуктивной биологии видов рода *Heracleum L.* // Проблемы репродуктивной биологии семенных растений: сборник тезисов конференции. Санкт-Петербург: [б. и.], 1993. С. 101–104.
22. Химический анализ лекарственных растений: учебное пособие; под ред. Н.И. Гринкевич и Л.Н. Сафронович. Москва: Высшая школа, 1983. 176 с.
23. Черная книга флоры Беларуси: чужеродные вредоносные растения: коллективная монография; под общ. ред. В.И. Парфенова, А.В. Пугачевского. Минск: Беларуская навука, 2020. 407 с.
24. Ширинян Ж.А., Каклюгин В.Я., Исмаилов В.Я. Изучение возможности использования фракций масла кориандра в борьбе с колорадским жуком на картофеле // Биологически активные вещества в защите растений: матер. симпозиума (Анапа, 30 августа – 4 сентября 1999 г.). Санкт-Петербург: Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений РАСХН, 1999. С. 59–60.
25. Щербатов Н.А., Талаш А.И., Исмаилов В.Я. и др. Перспективы применения Биостата в защите винограда от вредных организмов // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем: материалы докладов международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Российской академии сельскохозяйственных наук (Краснодар, 29 сентября – 01 октября 2004 г.). Санкт-Петербург: Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений РАСХН, 2004. С. 329–335.

References

1. Bochkarev D.V., Nikolskiy A.N., Smolin N.V. Transformatsiya pojmenno-lugovogo fitotsenoza pri vnedrenii v nego adventivnogo sornogo vida – borshchevika Sosnovskogo [Changes in floristic composition of floodplain meadow phytocenosis by the expansion of the *Heracleum sosnowskyi* adventitious weedy species]. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2011;7:36-40. (In Russ.).

2. Vasileva T.I., Ivanova G.P., Sukhoruchenko G.I. et al. Izbiratel'naya insektsidnaya aktivnost' ekstraktov rastenij. Zashchita rastenij v usloviyakh reformirovaniya agropromyshlennogo kompleksa: ekonomika, effektivnost', ekologichnost': tezisy dokladov Vserossijskogo s'ezda po zashchite rastenij (St. Petersburg, 04-09 dekabrya 1995 g.) [Selective insecticidal activity of plant extracts. Plant protection in the conditions of reforming the Agro-Industrial Complex: economics, efficiency, environmental friendliness: Scientific Conference Abstracts. All-Russian Congress on Plant Protection (St. Petersburg, December 04-09, 1995)]. St. Petersburg: All-Russian Research Institute of Plant Protection, RAAS (Pushkin); 1995:396. (In Russ.).
3. Vyyavlenie insektoakaritsidnogo, rostreguliruyushchego i drugikh tipov vozdeystviya khimicheskikh soedinenij na chlenistonogikh: metodicheskie rekomendatsii; pod redaktsiej Kukulenko S.S., Andreeva E.I. [Impact of insectoacaricidal, growth-regulating and other types of effects of chemical compounds on arthropods: methodological recommendations; edited by Kukulenko S.S., Andreev E.I.]. Cherkassy: Research Institute of Technical and Economic Investigations in the Chemical Complex; 1982. 62 p. (In Russ.).
4. Zorikov P.S., Chernyak D.M., Yurlova L.Yu. et al. Soderzhanie furokumarinov v borshhevike Sosnovskogo [Content of furocoumarins in *Heracleum sosnowskyi*]. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki = Natural and Technical Sciences*. 2012;6(62):152-154. (In Russ.).
5. Ivanova T.A., Matveeva T.N., Chanturia V.A. et al. Osobennosti sostava mnogokomponentnykh ekstraktov borshhevika i ego vliyanie na flotatsionnye svoystva zolotosoderzhashchikh sulfidov [Composition of multicomponent *Heracleum* extracts and its effect on flotation of gold-bearing sulfides]. *Fiziko-Tekhnicheskie Problemy Razrabotki Poleznykh Iskopaemykh = Journal of Mining Science*. 2015;51(4):151-157. DOI: 10.1134/S1062739115040190. (In Russ.).
6. Imanly G.A., Serkerov S.V. Kumarinovyie proizvodnye kornej *Angelica sachokiana* (Karjag.) M. Pimen. et. V. Tikhomirov [Coumarin derivatives of resin of roots of *Angelica sachokiana* (Karjag.) M. Pimen. et. V. Tikhomirov]. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya = Chemistry of Plant Raw Material*. 2015;4:165-168. (In Russ.).
7. Ismailov V.Ya., Kaklyugin V.Ya., Shirinyan Zh.A. et al. Novye rezul'taty ispytanij biopestitsidov terpenoidnogo ryada. Aktual'nye problemy biologicheskoy zashchity rastenij: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoj 100-letiyu T.T. Budenko (Respublika Belarus', g. Minsk, 12-14 noyabrya 1995 g.) [New test results of terpenoid biopesticides. Actual problems of biological protection of plants: Proceedings of Research-to-Practice Conference dedicated to the 100th anniversary of T.T. Budenko (Republic of Belarus, Minsk, November 12-14, 1995)]. Minsk: Belarusian Scientific Research Institute of Plant Protection Press; 1988:56-58. (In Russ.).
8. Kovalenkov V.G., Tyurina N.M. Metodicheskie rekomendatsii po monitoringu chuvstvitel'nosti fito- i entomofagov k primenyaemym insektsidam [Methodological recommendations for monitoring the sensitivity of phyto- and entomophages to the insecticides used]. Moscow: Publishing House of the Russian Academy of Agricultural Sciences; 2002. 32 p. (In Russ.).
9. Leonova M.V., Klimochkin Yu.N. Ekstraktsionnye metody izgotovleniya lekarstvennykh sredstv iz rastitel'nogo syr'ya: uchebnoe posobie [Extraction methods for the manufacture of medicinal products from plant raw materials: study guide]. Samara: Samara State Technical University Press; 2012. 118 p. (In Russ.).
10. Mandenova I.P. Borshchevik – *Heracleum* L. V Flora SSSR. T. XVII. Zontichnye – Kizilovye. Rod 1069. *Heracleum* L.; glav. red. akad. V.L. Komarov; redaktor toma B.K. Shishkin [*Heracleum* L. In book Flora of the URSS (Flora Unions Rerumpublicarum Sovieticarum Socialisticarum). Vol. XVII. Umbelliferae – Cornaceae. Genus 1069. *Heracleum* L.; Chief editor Academician V.L. Komarov; volume editor B.K. Shishkin]. Moscow-Leningrad: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR; 1951:223-259. (In Russ.).
11. Musikhin P.V., Sigaev A.A. Issledovanie fizicheskikh svoystv i khimicheskogo sostava borshhevika Sosnovskogo i poluchenie iz nego voloknistogo polufabrikata [Investigation of the physical properties and chemical composition of *Heracleum sosnowskyi* and obtaining a fibrous semi-finished product from it]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii = Modern High Technologies*. 2006;3:65-67. (In Russ.).
12. Orlin N.A. Ob izvlechenii kumarinov iz borshhevika [On the extraction of coumarins from *Heracleum* L.]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya = Advances in current natural sciences*. 2010;3:13-14. (In Russ.).
13. Panasenko N.N., Vikhrova I.V., Holenko M.S. Rasprostranenie, biologiya i fitotsenoticheskie svyazi borshhevika Sosnovskogo v Bryanskoj oblasti [Spreading, biology and phytocenotic relationships of *Heracleum sosnowskyi* in the Bryansk region]. *Uchenye zapiski Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta = Scientific Notes of the Bryansk State University*. 2021;2(22):39-46. (In Russ.).
14. Panasenko N.N., Kharin A.V., Ivenkova I.M. et al. Soobshchestva rastenij-transformerov: assotsiatsiya *Urtico dioicae-Heracleetum sosnowskyi* [Communities of transformer plants: Association *Urtico dioicae-Heracleetum sosnowskyi*]. *Byulleten' Bryanskogo otdeleniya Russkogo botanicheskogo obshchestva = Bulletin of Bryansk Department of the Russian Botanical Society*. 2014;2(4):48-53. (In Russ.).
15. Protopopova V.V., Shevera M.V. Інвазійні види у флорі України. I. Група високо активних видів [Invasive species in the flora of Ukraine. I. The group of highly active species]. *GEO & BIO = GEO & BIO*. 2019;17:116-135. DOI: 10.15407/gb.2019.17.116. (In Ukrainian).
16. Ryabchinskaya T.A., Bobreshova I.Yu., Kashirskikh Yu.V. et al. K voprosu razrabotki novogo biotsidnogo preparata na osnove rastitel'nykh komponentov [Revisiting the development of a new biocidal preparation based on plant components]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2021;14(2):57-70. DOI: 10.53914/issn 2071-2243_2021_2_57. (In Russ.).
17. Ryabchinskaya T.A., Bobreshova I.Yu., Kashirskikh Yu.V. Rasteniya v kachestve bioproduktentov biotsidnykh veshchestv i perspektiva sozdaniya na ikh osnove biologicheskikh insektoakaritsidov [Plants as bioproducers of biocidal substances and prospects of creating biological insectoacaricides on their basis]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(2):87-94. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_2_87. (In Russ.).

18. Satsyperova I.F. Borshcheviki flory SSSR – novye kormovye rasteniya [*Heracleum* L. in the flora of the USSR as new forage plants]. Leningrad: Nauka; 1984. 223 p. (In Russ.).

19. Smirnova I.M., Mironov V.G. Primenenie khvojnykh preparatov dlya zashchity yabloni ot vreditel'ev. Zashchita rastenij v usloviyakh reformirovaniya agropromyshlennogo kompleksa: ekonomika, effektivnost', ekologichnost': tezisy dokladov Vserossijskogo s'ezda po zashchite rastenij (St. Peterburg, 04-09 dekabrya 1995 g.) [The use of coniferous preparations to protect apple trees from pests. Plant protection in the conditions of reforming the Agro-Industrial Complex: economics, efficiency, environmental friendliness: Scientific Conference Abstracts. All-Russian Congress on Plant Protection (St. Petersburg, December 04-09, 1995)]. Saint Petersburg: All-Russian Research Institute of Plant Protection, RAAS (Pushkin); 1995:459-460. (In Russ.).

20. Sundukov O.V., Fillipova O.A., Chermenskaya T.D. et al. Akaritsidnoe dejstvie ekstraktov rastenij. Zashchita rastenij v usloviyakh reformirovaniya agropromyshlennogo kompleksa: ekonomika, effektivnost', ekologichnost': tezisy dokladov Vserossijskogo s'ezda po zashchite rastenij (St. Peterburg, 04-09 dekabrya 1995 g.) [Acaricidal action of plant extracts. Plant protection in the conditions of reforming the Agro-Industrial Complex: economics, efficiency, environmental friendliness: Scientific Conference Abstracts. All-Russian Congress on Plant Protection (St. Petersburg, December 04-09, 1995)]. St. Petersburg: All-Russian Research Institute of Plant Protection, RAAS (Pushkin); 1995:465-466. (In Russ.).

21. Tkachenko K.G. Osobennosti reproduktivnoj biologii vidov roda *Heracleum* L. Problemy reproduktivnoj biologii semennykh rastenij: sbornik tezisov konferentsii [Features of reproductive biology of species of the genus *Heraculum* L. Problems of reproductive biology of seed plants: collection of conference abstracts]. St. Petersburg: [Sine loci ind.]; 1993:101-104. (In Russ.).

22. Khimicheskij analiz lekarstvennykh rastenij: uchebnoe posobie; pod red. N.I. Grinkevich i L.N. Safronovich [Chemical analysis of medicinal plants: textbook; edited by N.I. Grinkevich and L.N. Safronovich]. Moscow: Higher School Press; 1983. 176 p. (In Russ.).

23. Chernaya kniga flory Belarusi: chuzherodnye vredonosnye rasteniya: kolektivnaya monografiya; pod obshchej redaktsiej V.I. Parfenova, A.V. Pugachevskogo [The Black Book of the Flora of Belarus: alien harmful plants: a collective monograph; under the general editorship of V.I. Parfenov, A.V. Pugachevsky]. Minsk: Belaruskaya navuka; 2020. 407 p. (In Russ.).

24. Shirinyan Zh.A., Kaklyugin V.Ya., Ismailov V.Ya. Izuchenie vozmozhnosti ispol'zovaniya fraktsij masla koriana v bor'be s koloradskim zhukom na kartofele. Biologicheskii aktivnye veshchestva v zashchite rastenij: materialy simpoziuma (Anapa, 30 avgusta – 4 sentyabrya 1999 g.) [Studying the possibility of using coriander oil fractions in the fight against the Colorado potato beetle. Biologically active substances in plant protection: Proceedings of the Symposium (Anapa, August 30 – September 4, 1999)]. St. Petersburg: All-Russian Research Institute of Plant Protection, RAAS (Pushkin); 1999:59-60. (In Russ.).

25. Shcherbakov N.A., Talash A.I., Ismailov V.Ya. et al. Perspektivy primeneniya Biostata v zashchite vinograda ot vrednykh organizmov. Biologicheskaya zashchita rastenij – osnova stabilizatsii agroekosistem: materialy dokladov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoj 75-letiyu Rossijskoj akademii sel'skokhozyajstvennykh nauk (Krasnodar, 29 sentyabrya – 01 oktyabrya 2004 g.) [Prospects of using Biostat in protecting grapes from harmful organisms. Biological protection of plants as the basis of stabilization of agroecosystems: Proceedings of the International Research-to-Practice Conference dedicated to the 75th anniversary of the Russian Academy of Agricultural Sciences (Krasnodar, September 29 – October 01, 2004)]. St. Petersburg: All-Russian Research Institute of Plant Protection, RAAS (Pushkin); 2004:329-335. (In Russ.).

Информация об авторах

Т.А. Рябчинская – доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биологической защиты растений ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (Воронежская область), biometod@mail.ru.

Л.Л. Яковлева, научный сотрудник лаборатории биологической защиты растений ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (Воронежская область), liya.vniizr.yakovleva@mail.ru.

И.Ю. Бобрешова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории биологической защиты растений ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (Воронежская область), bob.irina2010@mail.ru.

Information about the authors

T.A. Ryabchinskaya, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Research Scientist, Laboratory of Biological Plant Protection, All-Russian Research Institute for Plant Protection (Voronezh Oblast), biometod@mail.ru.

L.L. Yakovleva, Research Scientist, Laboratory of Biological Plant Protection, All-Russian Research Institute of Plant Protection (Voronezh Oblast), liya.vniizr.yakovleva@mail.ru.

I.Yu. Bobreshova, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research Scientist, Laboratory of Biological Plant Protection, All-Russian Research Institute of Plant Protection (Voronezh Oblast), bob.irina2010@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 24.04.2023; одобрена после рецензирования 26.05.2023; принята к публикации 16.06.2023.

The article was submitted 24.04.2023; approved after reviewing 26.05.2023; accepted for publication 16.06.2023.

© Рябчинская Т.А., Яковлева Л.Л., Бобрешова И.Ю., 2023

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

Научная статья

УДК 634.8.076

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_3_87

EDN: QZUJTR

**Хозяйственно-биологическая оценка темнойгодных столовых
сортов винограда (*Vitis L.*) в условиях Южного Урала****Марина Александровна Тихонова^{1✉}**¹Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства,
Оренбургский филиал, Оренбург, Россия¹marintikhonova@yandex.ru[✉]

Аннотация. В условиях Южного Урала одной из актуальных проблем является внедрение в производство сортов винограда, устойчивых к биотическим и абиотическим стресс-факторам среды и с высокой урожайностью. Представлены результаты исследований хозяйственно ценных признаков столовых темнойгодных сортов винограда (*Vitis L.*), проведенных в 2020–2022 гг. Объектами исследований являлись 7 сортов винограда отечественной и зарубежной селекции: Агат Донской, Красотка, Память Домбковской, Ранний Магарача, Мискат Плевенский, Кодрянка. Контролем служил районированный сорт Муромец. Опыт проводился на богарном винограднике, заложенном в 2015 г. Схема посадки – 1,5 × 3 м, число учетных растений – 9 шт. по каждому сорту. Урожайность рассчитывали исходя из плотности размещения 2200 растений на 1 га. Использовали агротехнику, общепринятую для орошаемых виноградников с учетом погодных условий региона. Самая высокая продуктивность отмечена у сорта Память Домбковской – 4,99 кг/куст, она превышала контрольный сорт Муромец (3,15 кг/куст) на 58,4%. У двух других высокопродуктивных сортов – Кодрянка и Агат Донской – этот показатель превысил контроль соответственно на 53,3 и 36,8%. Продуктивность ниже контрольного варианта отмечена у сорта Мискат Плевенский (на 10,5%). По результатам исследований определены показатели урожайности, они в зависимости от сорта были в диапазоне от 62,0 до 109,8 ц/га. Наиболее высокой урожайностью характеризовались сорта Память Домбковской и Кодрянка, превышение контроля соответственно на 40,5 и 37,0 ц/га. Показано, что сорт Кодрянка представляет высокую хозяйственно-биологическую ценность как наиболее адаптированный, продуктивный и урожайный для использования в селекционной работе и промышленном производстве при возделывании в условиях Южного Урала. Сделан вывод о целесообразности и перспективности выращивания в условиях Южного Урала ряда темнойгодных столовых сортов винограда раннего и очень раннего срока созревания.

Ключевые слова: виноград, столовые темнойгодные сорта, сроки созревания, средняя масса грозди, продуктивность, урожайность, уровень рентабельности

Благодарности: исследования выполнены в рамках реализации государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства», Оренбургский филиал, № 0432-2021-0003 («Сохранить, пополнить, изучить генетические коллекции сельскохозяйственных растений и создать репозитории плодовых и ягодных культур, заложенные свободными от вредоносных вирусов растениями»).

Для цитирования: Тихонова М.А. Хозяйственно-биологическая оценка темнойгодных столовых сортов винограда (*Vitis L.*) в условиях Южного Урала // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 3(78). С. 87–93. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_87-93.

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

Original article

**Commercial and biological assessment of table dark grape
varieties (*Vitis L.*) in the conditions of the Southern Ural****Marina A. Tikhonova^{1✉}**¹Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Orenburg Branch,
Orenburg, Russia¹marintikhonova@yandex.ru[✉]

Abstract. In the conditions of the Southern Ural one of the important problems is introducing into production the grape varieties that are resistant to biotic and abiotic environmental stress factors and give high yields. The author presents the results of research of commercially valuable features of table dark grape varieties (*Vitis L.*) conducted in 2020-2022. The objects of research were the following 7 grape varieties of domestic and foreign selection: Agate Donskoy, Krasotka, Pamyat Dombkovskoy, Ranniy Magaracha, Miskat Plevenski, and Codryanka. The Muromets zoned variety was considered as control. The experiment was carried out in a rainfed vineyard founded in 2015. The planting scheme was 1.5 × 3 m, and the number of registered plants was 9 per each variety. The yield was calculated based on the

planting density of 2200 plants per 1 ha. The author used the agricultural techniques conventional for irrigated vineyards with the account of weather conditions in the region. The highest productivity was noted in the Pamyat Dombkovskoy variety (4.99 kg per bush), which exceeded the Muromets control variety (3.15 kg per bush) by 58.4%. In two other highly productive varieties – Codryanka and Agate Donskoy – this value exceeded the control by 53.3 and 36.8%, respectively. The productivity below the control variant was noted in the Miskat Plevenski variety (by 10.5%). According to the results of the research, yield indicators were determined to be ranging from 62.0 to 109.8 c/ha depending on the variety. The Pamyat Dombkovskoy and Codryanka varieties were characterized by the highest yields, which exceeded the control by 40.5 and 37.0 c/ha, respectively. It has been shown that the Codryanka variety is of high commercial and biological value as the most adapted, productive and high-yielding variety for use in plant breeding work and industrial production in the conditions of the Southern Ural. It has been concluded that in the conditions of the Southern Ural it is expedient and advantageous to grow table dark grape varieties of early and very early ripening.

Key words: grape, table dark varieties, ripening terms, average bunch weight, productivity, yield, profitability level
Acknowledgments: the research was carried out within the state assignment of the Federal State Budgetary Scientific Organization “Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery”, Orenburg Branch (Project No. 0432-2021-0003 “Preserve, replenish, study genetic collections of agricultural plants and create repositories of fruit and berry crops laid down by plants free from harmful viruses”).

For citation: Tikhonova M.A. Commercial and biological assessment of table dark grape varieties (*Vitis* L.) in the conditions of the Southern Ural. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(3):87-93. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_87-93.

Введение
Современное промышленное виноградарство предъявляет особые требования к сортименту винограда, возделываемого в различных регионах страны. Правильный подбор сортов для той или иной местности важен для закладки виноградников, чтобы обеспечить возрастающие запросы потребителей. В связи с ростом спроса населения на виноград в свежем виде в определенных эколого-географических районах нашей страны малоурожайные сорта постепенно замещаются ценными высококоротельными, прошедшими коллекционное изучение и государственное сортоиспытание [1, 3, 12].

Известно, что растения винограда (*Vitis* L.) в условиях резко континентального климата часто подвергаются воздействию различных неблагоприятных экологических факторов, вызванных недостатком суммы активных температур в отдельные годы, сильными морозами и длительным отсутствием снежного покрова в зимние периоды и др. [8, 11]. В связи с этим одной из актуальных задач является внедрение в производство продуктивных сортов винограда, устойчивых к биотическим и абиотическим стресс-факторам среды [9, 10, 11]. Несмотря на большое количество и разнообразие сортов, в ряде регионов не хватает высокопродуктивных темнокожных столовых сортов винограда, в том числе раннего и очень раннего сроков созревания [4, 11]. Расширение сортимента, особенно в зонах с резко континентальным климатом, осуществляется не только благодаря достижениям селекционеров, но и в результате интродукции наиболее продуктивных сортов с высокими товарно-потребительскими качествами [6, 13]. Цель исследований состояла в проведении хозяйственно-биологической оценки темнокожных столовых сортов винограда (*Vitis* L.) различного эколого-географического происхождения в условиях Южного Урала.

Материалы и методы

Объектами исследований являлись 7 сортов винограда отечественной и зарубежной селекции:

- Агат Донской (НИИ виноградарства им. Я.И. Потапенко);
- Красотка (Е.Г. Павловский, любительская селекция);
- Память Домбковской (ФГБНУ ФНЦ Садоводства);
- Ранний Магарача (ВНИИВиВ «Магарач» РАН);
- Мискат Плевенски (НИИВиВ, г. Плевен, Болгария);
- Кодрянка (НИИВиВ НПО Виерул, Молдова).

Контролем служил районированный сорт Муромец (ЦГЛ им. И.В. Мичурина).

Оценку выбранных сортов выполняли в 2020–2022 гг. на базе Оренбургского филиала ФГБНУ ФНЦ Садоводства, расположенного в 4 км от восточной окраины г. Оренбурга, учеты и наблюдения – в соответствии с основными положениями методик М.А. Лазаревского [5] и А.М. Негруль [7], статистическую обработку данных – методом дисперсионного анализа по методике Б.А. Доспехова [2].

Опыт проводился на богарном винограднике, заложенном в 2015 г. Схема посадки – 1,5 × 3 м, число учетных растений – 9 шт. по каждому сорту. Урожайность рассчитывали исходя из плотности размещения 2200 растений на 1 га.

Виноград – культура укрывная, формировка кустов – веерная, бесштамбовая. Кусты винограда на зиму укрывали почвой, слоем до 25–30 см. Использовали агротехнику, общепринятую для орошаемых виноградников с учетом погодных условий региона.

По данным Оренбургского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, сумма активных температур (выше +10 °С) за вегетационные периоды исследований (апрель – август 2020–2022 гг.) зафиксирована от 2496 до 3093 °С, что позволяло сортам очень раннего (сумма активных температур – 2200–2400 °С за 110–120 сут.) и раннего сроков созревания (сумма активных температур – 2400–2500 °С за 120–130 сут.) благоприятно проходить период от распускания почек до полной зрелости урожая.

Вегетационный период 2020 г. характеризовался более влажными условиями, сумма активных температур составляла 2496 °С, что повлияло на сроки полного созревания отдельных сортов винограда. Вегетационный период 2021 г. оказался самым жарким, сумма активных температур составляла 3093 °С на конец августа с минимальным количеством осадков, что благоприятно отражалось на созревании плодов. Вегетационный период 2022 г. отличался неравномерным распределением осадков (большая часть из них выпала в начале вегетационного периода), температурами, ниже среднесезонных в начале сезона, а также жаркой, засушливой погодой во второй половине вегетации. Сумма активных температур составляла 2536 °С, что позволило растениям своевременно завершить вегетационный период за счет более раннего созревания.

Результаты и их обсуждение

По результатам агробиологической оценки сортов винограда генетической коллекции Оренбургского филиала ФГБНУ ФНЦ Садоводства и фенологических наблюдений установлено, что в условиях региона у растений этой культуры одновременно с большим жизненным циклом ежегодно проходит и малый годичный цикл развития (табл. 1). Годичный цикл развития связан со сменой времен года и складывается из двух периодов: вегетации и относительного (зимнего) покоя [7].

Таблица 1. Даты наступления фенологических фаз различных сортов винограда, 2020–2022 гг.

Наименование сорта	Начало распускания почек	Начало цветения	Начало созревания ягод	Полная зрелость ягод	Начало вызревания лозы
Агат Донской	29,04 ± 5	16,06 ± 7	06,08 ± 7	07,09 ± 6	02,08 ± 7
Кодрянка	28,04 ± 3	10,06 ± 6	27,07 ± 5	26,08 ± 5	25,07 ± 5
Красотка	27,04 ± 4	10,06 ± 5	22,07 ± 3	22,08 ± 5	27,07 ± 3
Мискат Плевенски	29,04 ± 5	10,06 ± 7	06,08 ± 5	29,08 ± 5	01,08 ± 5
Муромец (К)	25,04 ± 5	10,06 ± 5	24,07 ± 5	20,08 ± 3	28,07 ± 5
Память Домбковской	27,04 ± 5	10,06 ± 5	22,07 ± 5	29,08 ± 4	26,07 ± 5
Ранний Магарача	28,04 ± 3	10,06 ± 5	25,07 ± 5	27,08 ± 5	28,07 ± 5

Известно, что в процессе роста и развития растения винограда находятся под постоянным воздействием внешней среды, от условий которой в значительной степени зависит их общее состояние и продуктивность. Для успешного прохождения вегетационного периода растениям винограда разных сроков созревания необходимы разные суммы активных температур [11].

Установлено, что в условиях Южного Урала распускание почек у изученных сортов винограда начинается с 25–29 апреля. Период от распускания почек до полной зрелости ягод наступает раньше и на 4–7 суток короче у сортов очень раннего срока созревания (Муромец, Красотка) по сравнению с сортами раннего срока созревания – Кодрянка, Мискат Плевенски, Ранний Магарача, Память Домбковской (табл. 2).

Таблица 2. Сумма активных температур, необходимых для созревания разных групп сортов винограда, 2020–2022 гг.

Наименование сорта	Сумма температур от распускания почек до полной зрелости ягод	Число суток от распускания почек до полной зрелости ягод
Очень раннего срока созревания (норма 110–120 суток)		
Красотка Муромец (К)	2200–2400 °С	118
Раннего срока созревания (норма 120–130 суток)		
Кодрянка Мискат Плевенски Ранний Магарача Память Домбковской	2400–2500 °С	121–124
Среднего срока созревания (норма 130–145 суток)		
Агат Донской	2600–2800 °С	132

Погодные условия вегетационного периода 2020 г. обусловили неравномерное созревание плодов сорта Агат Донской, в связи с чем в условиях Южного Урала его можно отнести к среднему сроку созревания с продолжительностью вегетационного периода 132 суток при сумме активных температур 2600–2800 °С. У остальных изучаемых сортов созревание было дружным и соответствовало сортовой специфике.

Одним из основных показателей, определяющих хозяйственную ценность сортов винограда, является урожайность, которая зависит от элементов плодоношения (количества гроздей на куст, средней массы грозди и ягоды, продуктивности с куста) [11].

В ходе изучения темнойгодных сортов винограда среднее количество гроздей варьировало от 12,3 до 18,5 шт. на куст в зависимости от сорта. По уровню этого компонента продуктивности за три года изучения выделен сорт Память Домбковской с наиболее высоким количеством гроздей (18,5 шт. на куст). На уровне контрольного варианта (Муромец – 13,4 шт. на куст) по количеству гроздей отмечен сорт Красотка. Сорта Агат Донской и Кодрянка превзошли контроль на 14,2–20,1%. Ниже контрольного варианта (на 8,2%) этот показатель был у сортов Мискат Плевенски и Ранний Магарача (табл. 3).

Таблица 3. Показатели продуктивности сортов винограда, 2020–2022 гг.

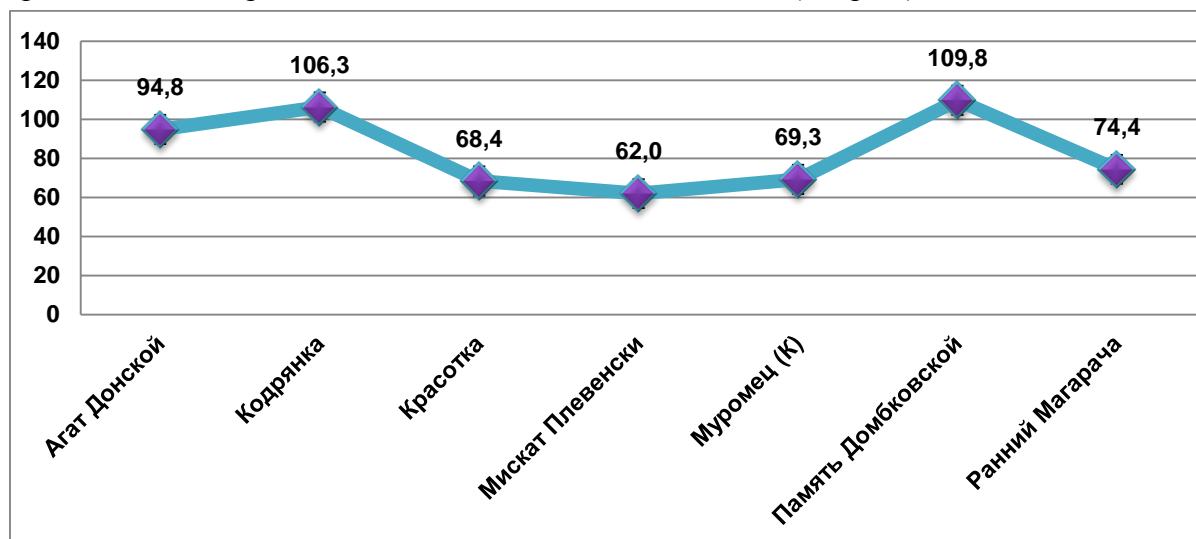
Наименование сорта	Количество гроздей, шт./куст	Средняя масса грозди, г	Средняя масса ягоды, г	Продуктивность, кг/куст
Агат Донской	15,3	282,0	4,1	4,31
Кодрянка	16,1	300,2	5,8	4,83
Красотка	13,2	235,5	5,7	3,11
Мискат Плевенски	12,3	229,3	3,8	2,82
Муромец (К)	13,4	235,1	4,2	3,15
Память Домбковской	18,5	269,9	1,4	4,99
Ранний Магарача	12,3	274,5	3,7	3,38
НСР ₀₅	–	23,4	–	0,34

Важным показателем продуктивности является масса грозди, которая зависит от многих факторов: биологических особенностей сорта, возраста насаждений, погодных условий и др. В ходе проведенных исследований этот показатель варьировал от 229,3 до 300,2 г: у сорта Красотка был на уровне контрольного варианта (сорт Муромец 235,1 г), у сортов Память Домбковской и Ранний Магарача был выше контроля – соответственно на 14,8 и 16,8%. Максимальные значения массы грозди отмечены у сорта Кодрянка (300,2 г) и Агат Донской (282,0 г). Ниже контрольного варианта масса грозди была у сорта Мискат Плевенски (на 2,5%).

По средней массе ягоды наибольшее превышение контрольного сорта Муромец (4,2 г) отмечено у сортов Кодрянка (на 38,1%) и Красотка (на 35,7%). У остальных сортов этот показатель был ниже контроля и варьировал от 3,7 до 4,1 г. Следует отметить, что среди изученных образцов лишь сорт Память Домбковской является столовым темнойгодным сортом с IV классом бессемянности, остальные относятся к крупноплодным сортам с нормально развитыми семенами.

Самая высокая продуктивность за годы изучения отмечена у сорта Память Домбковской – 4,99 кг/куст, она превышала контрольный сорт Муромец (3,15 кг/куст) на 58,4%. У двух других высокопродуктивных сортов – Кодрянка и Агат Донской – этот показатель превысил контроль соответственно на 53,3 и 36,8%. Продуктивность ниже контрольного варианта отмечена у сорта Мискат Плевенский (на 10,5%).

По результатам исследований определены показатели урожайности, которые в зависимости от сорта были в диапазоне от 62,0 до 109,8 ц/га ($HC_{P05} = 7,5$). Наиболее высокой урожайностью характеризовались сорта Память Домбковской и Кодрянка, превышение контроля соответственно на 40,5 и 37,0 ц/га (см. рис.).



Урожайность темнойгодных столовых сортов винограда, 2020–2022 гг., ц/га

По наиболее высокому уровню рентабельности выделены два сорта – Кодрянка и Агат Донской, которые по этому показателю превысили контрольный сорт Муромец соответственно на 31,7 и 19,3%. Из-за невысокой урожайности рентабельность сорта Мискат Плевенски оказалась самой низкой – на 8,6% меньше контрольного сорта, а себестоимость – самой высокой (33,1 тыс. руб./т.). У сортов Кодрянка и Память Домбковской высокая урожайность обусловила наименьшую себестоимость – соответственно на 16,6 и 19,2% ниже, чем у контрольного сорта.

Кроме Кодрянки и Память Домбковской, превысил контроль по урожайности сорт Агат Донской (на 36,7%), у сортов Красотка и Ранний Магарача урожайность была на уровне и на 7,4% выше контроля. Среди изученного сортимента лишь у сорта Мискат Плевенски урожайность оказалась ниже контрольного сорта Муромец (на 7,3 ц/га).

Расчеты показывают, что в условиях Южного Урала изучаемые сорта можно возделывать с высокой экономической эффективностью и уровнем рентабельности от 51,2 до 91,5% (табл.4).

Таблица 4. Экономическая эффективность возделывания изучаемых сортов винограда, 2020–2022 гг.

Наименование сорта	Урожайность, т/га	Цена реализации, тыс., руб./т	Производственные затраты, тыс. руб./га	Выручка от реализации, тыс. руб.	Себестоимость, тыс. руб./т	Прибыль, тыс. руб.	Уровень рентабельности, %
Агат Донской	9,48	50,0	264,7	474,0	27,9	209,3	79,1
Кодрянка	10,63	50,0	277,6	531,5	26,1	253,9	91,5
Красотка	6,84	50,0	216,9	342,0	31,7	125,1	57,7
Мискат Плевенски	6,20	50,0	205,0	310,0	33,1	105,0	51,2
Муромец (К)	6,93	50,0	216,8	346,5	31,3	129,7	59,8
Память Домбковской	10,98	40,0	278,0	439,2	25,3	161,2	57,9
Ранний Магарача	7,44	50,0	229,3	372,0	30,8	142,7	62,2

Заключение

Полученные экспериментальные данные и экономическая оценка результатов позволяют сделать вывод о целесообразности возделывания в условиях Южного Урала ряда темноягодных столовых сортов винограда раннего и очень раннего срока созревания. При сопоставлении наиболее значимых показателей среди изученных образцов выделен сорт Кодрянка, у которого за годы изучения средняя масса грозди составила 300,2 г, ягоды – 5,8 г, продуктивность – 4,83 кг с куста, урожайность превысила контрольный сорт на 53,4%, рентабельность оказалась самой высокой – 91,5%. Сорт Кодрянка представляет высокую хозяйственно-биологическую ценность как наиболее адаптированный и продуктивный, может быть рекомендован для промышленного производства в условиях Южного Урала, а также для использования в селекции на повышение этих признаков.

Список источников

1. Ганич В.А., Наумова Л.Г., Матвеева Н.В. Донские автохтонные сорта винограда для расширения сортимента виноградных насаждений в Нижнем Придонуе // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2020. № 63(3). С. 30–44. DOI: 10.30679/2219-5335-2020-3-63-30-44.
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. Исаенко А.П. Оценка развития виноградарства и виноделия в России // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 5: Экономика. 2020. № 3(265). С. 37–43.
4. Керанова Н.Т., Ройчев В.Р. Сравнительный анализ плодоносности и урожайности винных белых сортов винограда // Русский виноград. 2022. Т. XIX. С. 45–52.
5. Лазаревский М.А. Изучение сортов винограда. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета, 1963. 151 с.
6. Милованов А.В., Ильникая Е.Т., Радченко В.В. и др. Сравнительный анализ аллельного состояния локуса VvMubA1 у некоторых аборигенных и интродуцированных сортов винограда // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55, № 3. С. 523–532. DOI: 10.15389/agrobiology.2020.3.523rus.
7. Негруль А.М. Виноградарство с основами ампелографии и селекции. Москва, 1959. 392 с.
8. Полулях А.А., Волынкин В.А. Характеристика продуктивности и качества урожая столовых сортов *Vitis vinifera orientalis* Negr. // Магарач. Виноградарство и виноделие. 2019. № 21(3). С. 211–216. DOI: 10.35547/iM.2019.21.3.005.
9. Романенко Е.С., Миронова Е.А., Селиванова М.В. и др. Оценка сортов винограда для возделывания в зоне Терско-Кумские пески Ставропольского края // Вестник АПК Ставрополья. 2021. № 3(43). С. 36–40. DOI: 10.31279/2222-9345-2021-10-43-36-40.

10. Тихонова М., Аминова Е., Мережко О. Продуктивность и урожайность столовых сортов и форм винограда в условиях Оренбуржья // Русский виноград. 2020. Т. 12. С. 18–23.
11. Тихонова М.А., Мушинский А.А. Оценка биоморфологических особенностей интродуцированных сортов винограда в условиях Оренбуржья // Вестник КрасГАУ. 2022. № 10. С. 43–48. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-10-43-48.
12. Abdel-Hameed U.K., Abdelaziz K., Elsharif N. Genetic diversity of grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivars in Al-Madinah Al-Munawara based on molecular markers and morphological traits // Bangladesh Journal of Plant Taxonomy. 2020. Vol. 27. Pp. 113–127. DOI: 10.3329/bjpt.v27i1.47573.
13. Matuzok N.V., Troshin L.P., Kravchenko R.V. et al. Evaluation of commercial grape varieties with various methods of vine forming // Annals of Agri Bio Research. 2021. Vol. 26(1). Pp. 37–42.

References

1. Ganich V.A., Naumova L.G., Matveeva N.V. Donskie avtokhtonnye sorta vinograda dlya rasshireniya sortimenta vinogradnykh nasazhdenij v Nizhnem Pridon'e [Don autochthonous grapevine varieties for expanding the assortment of vineyards in the Lower Don Region]. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii = Fruit Growing and Viticulture of South Russia*. 2020;63(3):30-44. DOI: 10.30679/2219-5335-2020-3-63-30-44. (In Russ.).
2. Dospelkov 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. 5th ed., revised and enlarged]. Moscow: Agropromizdat; 1985. 351 p. (In Russ.).
3. Isaenko A.P. Otsenka razvitiya vinogradarstva i vinodeliya v Rossii [Evaluation of the development of vine and wine growing in Russia]. *Vestnik Adygejskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 5: Ekonomika = Bulletin of the Adyge State University. Series "Economics"*. 2020;3(265):37-43. (In Russ.).
4. Keranova N.T., Roychev V.R. Sravnitel'nyj analiz plodonosnosti i urozhajnosti vinnykh belykh sortov vinograda [Comparative analysis of productivity and yield in vine varieties for white wines]. *Russkij vinograd = Russian Grapes*. 2022;19:45-52. (In Russ.).
5. Lazarevsky M.A. Izuchenie sortov vinograda [Studies on grape varieties]. Rostov-on-Don: Rostov State University Press; 1963. 151 p. (In Russ.).
6. Negrul A.M. Vinogradarstvo s osnovami ampelografii i seleksii [Viticulture with the basics of ampelography and selection]. Moscow; 1959. 392 p. (In Russ.).
7. Polulyakh A.A., Volynkin V.A. Kharakteristika produktivnosti i kachestva urozhaya stolovykh sortov *Vitis vinifera orientalis* Negr. [Productivity and quality characteristics of the harvest of table cultivars *Vitis vinifera orientalis* Negr.]. *Magarach. Vinogradarstvo i Vinodelie = Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2019;21(3):211-216. DOI: 10.35547/iM.2019.21.3.005. (In Russ.).
8. Romanenko E.S., Mironova E.A., Selivanova M.V. et al. Otsenka sortov vinograda dlya vozdelevaniya v zone Tersko-Kumskie peski Stavropol'skogo kraja [Evaluation of technical grape varieties for cultivation in the Tersko-Kumsky sands zone of the Stavropol region]. *Vestnik APK Stavropol'ya = Agricultural Bulletin of Stavropol Region*. 2021;3(43):36-40. DOI: 10.31279/2222-9345-2021-10-43-36-40. (In Russ.).
9. Tikhonova M., Aminova E., Merezko O. Produktivnost' i urozhajnost' stolovykh sortov i form vinograda v usloviyakh Orenburzh'ya [Productivity and yield of table grapevine varieties and forms under the Orenburgian conditions]. *Russkij vinograd = Russian Grapes*. 2020;12:18-23. DOI: 10.32904/2412-9836-2020-12-18-23. (In Russ.).
10. Tikhonova M.A., Mushinsky A.A. Otsenka biomorfoloicheskikh osobennostej introdutsirovannykh sortov vinograda v usloviyakh Orenburzh'ya [Evaluation of introduced grape varieties biomorphological features in the Orenburg region conditions]. *Vestnik KrasGAU = Bulletin of KrasGAU*. 2022;10:43-48. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-10-43-48. (In Russ.).
11. Abdel-Hameed U.K., Abdelaziz K., Elsharif N. Genetic diversity of grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivars in Al-Madinah Al-Munawara based on molecular markers and morphological traits. *Bangladesh Journal of Plant Taxonomy*. 2020;27:113-127. DOI: 10.3329/bjpt.v27i1.47573.
12. Matuzok N.V., Troshin L.P., Kravchenko R.V. et al. Evaluation of commercial grape varieties with various methods of vine forming. *Annals of Agri Bio Research*. 2021;26(1):37-42.
13. Milovanov A.V., Ilnitckaya E.T., Radchenko V.V. et al. Comparative analysis of the VvMybA1 locus allelic state in some indigenous and introductant grapevine varieties. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2020;55(3):523-532.

Информация об авторе

М.А. Тихонова – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства», Оренбургский филиал, marintikhonova@yandex.ru.

Information about the author

M.A. Tikhonova, Candidate of Biological Sciences, Senior Research Scientist, Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Orenburg Branch, marintikhonova@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 27.04.2023; одобрена после рецензирования 28.05.2023; принята к публикации 16.06.2023.

The article was submitted 27.04.2023; approved after reviewing 28.05.2023; accepted for publication 16.06.2023.

© Тихонова М.А., 2023

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

Научная статья

УДК 631.11:631.52:632.938.1

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_3_94

EDN: RJQVII

Анализ современного сортимента и динамики выращивания яблони (*Malus domestica* Borkh.) в садоводстве России

Ольга Евгеньевна Мережко^{1✉}, Евгения Владимировна Аминова²

^{1, 2}Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства
и питомниководства, Оренбургский филиал, Оренбург, Россия

¹merejko.olga@yandex.ru[✉]

Аннотация. Яблоня домашняя (*Malus domestica* Borkh.) среди плодовых растений занимает ведущее место как по площади насаждений, так и по сбору плодов, так как яблоки являются незаменимым продуктом питания и сырьем для перерабатывающей промышленности. Для повышения урожаев необходимо постоянно обновлять сортимент плодовых культур за счет сортов, созданных в более северных и менее благоприятных для садоводства районах. Цель исследования заключалась в проведении анализа динамики выращивания и сбора яблок современного сортимента, допущенного к использованию в Российской Федерации по регионам. Объектами служили сорта яблони различного генетического и эколого-географического происхождения. При выполнении работы были изучены статистические данные за 2020–2022 г., сведения из открытых отечественных источников. В настоящее время селекцией *Malus domestica* Borkh. занимаются более 30 селекционных учреждений России. Селекционные программы научно-исследовательских институтов направлены на создание высокоадаптивных, зимостойких, скороплодных, высокоурожайных, иммунных к парше сортов яблони с высоким качеством плодов. По данным проведенного анализа установлено, что на территории РФ допущено к использованию 494 сорта яблони летних, осенних и зимних сроков потребления. Основную долю в сортименте составляют лежкие зимние сорта – 241 ед., к осенним относится 132 ед. Самой малочисленной является летняя группа сортов, она включает 121 наименование. В России в 2021 г. общая площадь выращивания яблони в хозяйствах всех категорий составила 234,4 тыс. га, сборы яблок в промышленном секторе – 1302,0 тыс. т, в хозяйствах населения – 1050,0 тыс. т. За 2020–2021 гг. в промышленном секторе садоводства наметилась тенденция роста площадей, занятых под культурой, на 2,7% и увеличение сбора плодов на 6,3%.

Ключевые слова: яблоня, селекция, сорт, сортимент, динамика выращивания, регион

Благодарности: исследования выполнены в рамках реализации государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства», Оренбургский филиал, № 0432-2021-0003 («Сохранить, пополнить, изучить генетические коллекции сельскохозяйственных растений и создать репозитории плодовых и ягодных культур, заложенные свободными от вредоносных вирусов растениями»).

Для цитирования: Мережко О.Е., Аминова Е.В. Анализ современного сортимента и динамики возделывания яблони (*Malus domestica* Borkh.) в садоводстве России // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 3(78). С. 94–100. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_94–100.

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

Original article

Analysis of the modern assortment and dynamics of cultivation of apple tree (*Malus domestica* Borkh.) in horticulture in Russia

Olga E. Merezhko^{1✉}, Evgenia V. Aminova²

^{1, 2}Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Orenburg Branch,
Orenburg, Russia

¹merejko.olga@yandex.ru[✉]

Abstract. Domesticated (cultivated) apple tree (*Malus domestica* Borkh.) occupies a leading place among fruit plants both in terms of the area of planting and in fruit harvesting, since apples are an indispensable food product and raw material for the processing industry. To increase yields, it is necessary to update constantly the assortment of fruit crops due to varieties created in more northern and less favorable areas for gardening. The purpose and objectives of research was to analyze the cultivation dynamics and harvesting of apples of modern assortment approved for use in the Russian Federation by regions. The objects were apple varieties of various

genetic and ecological-geographical origin. When performing the analysis, the authors studied statistical data for the period from 2020 to 2022, as well as open source data. Currently, more than 30 breeding institutions in Russia are engaged in breeding *Malus domestica* Borkh. Breeding programs of research institutes are aimed at creating highly adaptive, winter-hardy, early-fruiting, high-yielding, scab-resistant apple varieties with high fruit quality. According to the analysis, it was found that 494 varieties of apple trees of summer, autumn and winter consumption periods were approved to be used on the territory of the Russian Federation. The main share in the assortment is made up of winter-hardy varieties (241 units), the autumn ones include 132 units. The smallest is the summer group of varieties, it includes 121 units. In Russia in 2021, the total area of apple cultivation in farms of all categories amounted to 234.4 thousand hectares, apple harvest in the industrial sector reached 1302.0 thousand tons, in households it was 1050.0 thousand tons. For the period from 2020 to 2021 in the industrial sector of horticulture, there has been a trend of 2.7% growth in the areas occupied under culture and an increase in fruit harvesting by 6.3%.

Keywords: apple tree (*Malus domestica* Borkh.), breeding, variety, assortment, cultivation dynamics, fruit harvest

Acknowledgments: the research was carried out within the state assignment of the Federal State Budgetary Scientific Organization "Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery", Orenburg Branch (Project No. 0432-2021-0003 "Preserve, replenish, study genetic collections of agricultural plants and create repositories of fruit and berry crops laid down by plants free from harmful viruses").

For citation: Merezhko O.E., Aminova E.V. Analysis of the modern assortment and dynamics of cultivation of apple trees (*Malus domestica* Borkh.) in horticulture in Russia. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(3):94-100. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_94-100.

В ведение
Садоводство как отрасль сельского хозяйства ориентирована на удовлетворение потребностей жителей планеты в витаминизированном продовольствии с высокими вкусовыми качествами.

Производство яблок является развитой отраслью садоводства за счет существующего разнообразия сортов и спроса населения на свежие плоды и продукты их переработки. Российская Федерация относится к числу стран, имеющих ограниченное самообеспечение по этому виду плодово-ягодной продукции (доля импорта 25% и более в структуре внутреннего потребления). Именно поэтому современное производство яблок в Российской Федерации предоставляет возможность найти решение по импортозамещению, что весьма актуально с введением ограничений поставок яблок из Польши, Украины и других стран [5, 6, 9].

В настоящее время к сортам предъявляются жесткие требования по уровню продуктивности, товарным и потребительским качествам плодов [12, 13, 15]. В модели сорта должно быть учтено наличие биологических признаков, позволяющих противостоять лимитирующим факторам внешней среды (высокая зимостойкость деревьев, способность выдерживать температуру до -42 °С, устойчивость к засухе, болезням и др.), полнее использовать генетический потенциал урожайности и качества плодов.

Взаимодействие «генотип – среда» часто препятствует определению лучших генотипов в разнообразных условиях выращивания. Процесс формирования развития растений, проявляемый нормой реакции генотипа на почвенно-климатические условия, различен и изменяется в зависимости от сорта, поэтому научно-исследовательские работы по изучению нормы реакции сортов и форм яблони в различных эколого-географических условиях актуальны и в настоящее время.

Из литературных источников известно, что если сорт сохраняет высокую стабильную продуктивность в одном регионе, то он обладает специфической адаптацией. В то же время под общей адаптацией подразумевается, что сорт имеет высокую продуктивность в различных по условиям регионах, а также обширный ареал выращивания. Сорта данного типа слабо реагируют на изменения окружающей среды и сохраняют основные сортовые признаки, стабильный урожай с типичным качеством плодов, несмотря на ухудшение условий возделывания [12, 13, 15].

Яблоки в зависимости от времени созревания и использования, способности к длительному хранению можно разделить на летние, осенние и зимние [8]. Такая особенность культуры позволяет продлить срок потребления свежих плодов и сделать его круглогодичным.

В соответствии с Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации стратегической целью России является обеспечение населения безопасной, качественной и доступной сельскохозяйственной продукцией, сырьем и продовольствием в объемах, обеспечивающих рациональные нормы потребления пищевой продукции [3], в том числе плодами семечковых культур (яблони и груши).

Цель исследования заключалась в проведении анализа выращивания и сбора яблок современного сортимента, допущенного к использованию в Российской Федерации по регионам.

Место и методика исследований

Исследования были проведены по данным за 2020–2022 гг.

Объектами служили сорта яблони различного генетического и эколого-географического происхождения.

Учеты и наблюдения проводили по официальным данным Государственного реестра селекционных достижений, допущенных к использованию [4].

Результаты и их обсуждение

По данным информации сайта BusinesStat® «Анализ рынка яблок в России в 2017–2021 гг. Прогноз на 2022–2026 гг. Потенциал импортозамещения и новые рынки сбыта», в хозяйствах всех категорий на 2021 г. общие площади выращивания яблони составили 234,4 тыс. га, что на 1,1% больше, чем в 2020 г. При этом в промышленном секторе садоводства они выросли до 142,4 тыс. га (на 2,7%), а в хозяйствах населения – сократились до 92,0 тыс. га (на 1,2%) [3].

Площади выращивания яблонь в плодоносящем возрасте в хозяйствах выросли до 162,9 тыс. га (на 1,0%). При этом можно отметить, что площади промышленного выращивания увеличились до 82,8 тыс. га (на 7,5%), в хозяйствах населения – снизились до 80,1 тыс. га (на 5,0%).

Информация о площадях, занимаемых яблоней в промышленном секторе садоводства России, по отдельным субъектам приведена в таблице 1.

Таблица 1. Площади промышленного возделывания яблони в регионах России, 2021 г., тыс. га

Регионы	Площади промышленного возделывания яблони, тыс. га
Краснодарский край	21,3
Кабардино-Балкарская Республика	16,9
Воронежская область	11,3
Тамбовская область	7,8
Тульская область	6,8
Белгородская область	6,6
Липецкая область	6,3
Республика Крым	5,7
Волгоградская область	5,5
Саратовская область	5,0

Источник: составлено авторами по данным [1].

Как следует из данных таблицы 1, максимальные значения этого показателя были отмечены в Краснодарском крае – 21,3 тыс. га, в Кабардино-Балкарской Республике – 16,9 тыс. га и в Воронежской области – 11,3 тыс. га. Значительно меньшие площади занимают промышленные сады в Тамбовской и в Тульской областях, а также в Республике Крым – соответственно 7,8, 6,8 и 5,7 тыс. га. В Белгородской, Липецкой, Волгоградской и Саратовской областях площадь насаждений была меньше, чем в Краснодарском крае на 14,7–16,3 тыс.

Валовые сборы яблок в России в 2021 г. в хозяйствах всех категорий составили 2352,0 тыс. т, что на 0,4% больше, чем в 2020 г. В промышленном секторе они возросли до 1302,0 тыс. т (6,3%), а в хозяйствах населения – сократились до 1050,0 тыс. т (6,0%). Данные о валовых сборах плодов в соотношении по федеральным округам представлены в таблице 2.

Таблица 2. Распределение валового сбора яблок в России по регионам выращивания, 2021 г., тыс. т

Регионы	Валовый сбор яблок, тыс. т
Кабардино-Балкарская Республика	413,3
Краснодарский край	286,8
Республика Крым	84,7
Воронежская область	73,0
Липецкая область	53,3
Волгоградская область	49,5
Республика Адыгея	33,9
Республика Северная Осетия-Алания	31,0
Ставропольский край	27,8
Белгородская область	23,6

Источник: составлено авторами по данным [1].

Самые высокие значения сбора яблок промышленного выращивания отмечены в Кабардино-Балкарской Республике – 413,3 тыс. т и в Краснодарском крае – 286,8 тыс. т. В Воронежской, Липецкой, Волгоградской и Белгородской областях сбор яблок варьировал от 73,0 до 23,6 тыс. т; в Республиках Крым, Адыгея и Северная Осетия-Алания – соответственно 84,7, 33,9 и 31,0 тыс. т, в Ставропольском крае – 27,8 тыс. т.

Крупномасштабная целенаправленная работа селекционных учреждений позволяет в значительной степени улучшать и расширять сортимент яблони в России. Введение новых сортов в производство подтверждает огромную роль селекции в улучшении сортимента яблони [10].

Основными учреждениями по созданию новых сортов яблони являются:

- Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур (ФГБНУ ВНИИСПК);
- Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр УрО РАН (ФГБНУ УРФАНИЦ УРО РАН);
- Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства (ФГБНУ ФНЦ Садоводства) и др.

Для получения перспективных сортов яблони заранее закладывают параметры, необходимые для объединения в одном генотипе определенных признаков и свойств, которые повысят в результате селекции такие качества, как продуктивность, зимостойкость, устойчивость к вредным организмам и болезням, а также вкус плодов и др. В селекции яблони часто проводят повторные, насыщающие скрещивания, чтобы решать проблемы при создании новых сортов. Каким-либо одним методом планировать и реализовывать исследования трудно, а порой и невозможно, поэтому в современном мире для создания нового сорта применяют не только распространенные методы, к которым относится гибридизация, в том числе отдаленная, но и мутагенез, полиплоидию, клоновую селекцию [11].

Сортимент яблони совершенствуется благодаря исследованиям научных учреждений, испытаниям, проводимым Госсортосетью Министерства сельского хозяйства РФ. В Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию в 2022 году, насчитывалось 494 сорта яблони для различных регионов, 91 сорт охранялся патентами [4].

В России основное внимание уделяют сортам, которые максимально приспособлены к условиям конкретной местности, их называют районированными сортами. Как правило, летним и осенним сортам отдают предпочтение владельцы приусадебных участков, хозяйства населения. Сорта зимнего срока потребления с хорошей лежкостью и транспортабельностью востребованы в промышленном садоводстве.

Благодаря различиям по срокам созревания и потребления обширный сортимент яблони делится на группы (летние, осенние и зимние), каждая из которых включает по три подгруппы (табл. 3).

Таблица 3. Количество сортов яблони с различными сроками созревания в Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию, 2022 г., шт.

Срок созревания	Количество сортов яблони, шт.
Летние	80
Раннелетние	12
Позднелетние	29
Осенние	85
Раннеосенние	17
Позднеосенние	30
Зимние	159
Раннезимние	37
Позднезимние	45

Заключение

В настоящее время в России допущено к использованию 494 сорта яблони. Основную долю в сортименте составляют лежкие зимние сорта – 241 ед., к осенним сортам относится 132 ед. Самой малочисленной является группа летних сортов, она включает 121 наименование. За 2020–2021 гг. в промышленном секторе садоводства наметилась тенденция роста площадей, занятых под культурой на 2,7% и увеличение сбора плодов на 6,3%.

Список источников

1. Анализ рынка яблок в России в 2017–2021 гг. прогноз на 2022–2026 гг. Потенциал импортозамещения и новые рынки сбыта [Электронный ресурс] // Информация сайта BusinesStat®. URL: https://businesstat.ru/images/demo/apples_russia_demo_businesstat.pdf (дата обращения: 26.11.2022).
2. Атажанова Е.В., Лукичева Л.А. Анализ состояния и мировые тенденции выращивания и селекции яблони // Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2021. № 3 (160). С. 76–85. DOI: 10.36305/2712-7788-2021-3-160-76-85.
3. Бурменко Ю.В., Свистунова Н.Ю. Современные достижения и направления селекции груши (*Pyrus L.*) в России (обзор) // Вестник КрасГАУ. 2022. № 2(179). С. 85–92. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-2-85-92.
4. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. «Сорта растений» (официальное издание). Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. 646 с.
5. Губанов Р.С., Луковникова Н.С. Финансирование приоритетных инвестиционных проектов, реализуемых в целях развития национальной экономики Российской Федерации // Финансовый менеджмент. 2019. № 4. С. 66–76.
6. Денисова Н.И., Гравшина И.Н. Основные направления стратегии экономического развития региона // Развитие инновационной экономики: достижения и перспективы: материалы VI международной научно-практической конференции (Москва, 21 ноября 2019 г.). Москва: Московский университет им. С.Ю. Витте, 2019. С. 798–804.
7. Козловская З.А., Ярмолич С.А., Марудо Г.М. Результаты первичного сортоизучения сортов яблони селекции ВНИИСПК в условиях Беларуси // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2017. Т. 4, № 1-2. С. 56–59.
8. Макаренко С.А., Калинина И.П. Генетический потенциал в селекции яблони на юге западной Сибири // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2016. Т. 177, № 1. С. 91–109. DOI: 10.30901/2227-8834-2016-1-91-109.
9. Помология Урала: сорта плодовых, ягодных культур и винограда. Москва: Наука, 2022. 506 с.
10. Седов Е.Н., Корнеева С.А., Янчук Т.В. Роль отечественной селекции в совершенствовании сортамента яблони в России // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2021. № 4. С. 17–19. DOI: 10.30850/vrsn/2021/4/17-19.
11. Седов Е.Н., Янчук Т.В., Корнеева С.А. и др. Создание российских адаптивных сортов яблони (*Malus domestica* Borkh.) ВНИИСПК – смена задач и развитие методов селекции (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2022. Т. 57, № 5. С. 897–910. DOI:10.15389/agrobiology.2022.5.897rus.
12. Gabriel A., Resende J.T.V., Zeist A.R. et al. Phenotypic stability of strawberry cultivars assessed in three environments // Genetics and Molecular Research. 2018. Vol. 7(3). Pp. 1-11. DOI: 10.18699/VJ19.540.
13. Merezhko O., Aminova E. Assessment of variability of productivity traits and biochemical composition of apple tree varieties and forms, selection of the Orenburg Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Research Center of Horticulture” // International Scientific and Practical Conference “Innovative Technologies in Agriculture” BIO Web of Conferences. 2022. Vol. 47. Article no. 02003. ITIA 2022/bioconf/20224702003. DOI:10.1051/bioconf/20224702003.
14. Migicovsky Z., Gardner K.M., Richards C. et al. Genomic consequences of apple improvement // Horticulture Research. 2021. Vol. 8(1). Pp. 9. DOI: 10.1038/s41438-020-00441-7.
15. Trunov Yu.V., Soloviev A.V., Zavrazhnov A.A. et al. Modeling the productivity of intensive and super-intensive apple orchards in the midland of Russia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Series “International Conference on Agricultural Science and Engineering”, ASAE 2021(Michurinsk, April 12, 2021). IOP Publishing Ltd, 2021. Vol. 845. Article no. 012043. DOI:10.1088/1755-1315/845/1/012043.

References

1. Analiz rynka yablok v Rossii v 2017-2021 gg. Prognoz na 2022-2026 gg. Potentsial importozameshcheniya i novye rynki sbyta. Informatsiya sajta BusinesStat® [Analysis of the apple market in Russia in 2017-2021. Forecast for 2022-2026. Import substitution potential and new sales markets. BusinesStat® website Information]. URL: https://businesstat.ru/images/demo/apples_russia_demo_businesstat.pdf. (In Russ.).
2. Atazhanova E.V., Lukicheva L.A. Analiz sostoyaniya i mirovye tendentsii vyrashchivaniya i seleksii yablони [Analysis of the state and global trends in the cultivation and breeding of apple trees]. *Biologiya rastenij i sadovodstvo: teoriya, innovatsii = Plant Biology and Horticulture: theory, innovation*. 2021;3(160):76-85. DOI: 10.36305/2712-7788-2021-3-160-76-85. (In Russ.).
3. Burmenko Yu.V., Svistunova N.Yu. Sovremennye dostizheniya i napravleniya seleksii grushi (*Pyrus L.*) v Rossii (obzor) [Pear breeding (*Pyrus L.*) modern achievements and directions in Russia (Review)]. *Vestnik KrasGAU = Bulletin KrasSAU*. 2022;2(179):85-92. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-2-85-92. (In Russ.).
4. Gosudarstvennyj reestr selektsionnykh dostizhenij, dopushchennykh k ispol'zovaniyu. T. 1. Sorta rastenij (ofitsial'noe izdanie) [State Register of Selection Achievements Authorized for Use. Vol. 1. Cultivars of Plants]. Moscow: Rosinformagrotekh; 2022. 646 p. (In Russ.).
5. Gubanov R.S., Lukovnikova N.S. Finansirovanie prioritetnykh investitsionnykh proektov, realizuemykh v tselyakh razvitiya natsional'noj ekonomiki Rossijskoj Federatsii [Financing of priority investment projects in the development of the national economy of the Russian Federation]. *Finansovyy menedzhment = Financial Management*. 2019;4:66-76. (In Russ.).

6. Denisova N.I., Gravshina I.N. Osnovnye napravleniya strategii ekonomicheskogo razvitiya regiona. Razvitie innovatsionnoj ekonomiki: dostizheniya i perspektivy: materialy VI mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii (Moskva, 21 Noyabrya 2019 g.) [Main directions of the strategy for economic development of the region. Development of an innovative economy: achievements and prospects: Proceedings of the VI International Research-to-Practice Conference (Moscow, November 21, 2019)]. Moscow: Moscow University named after S.Yu. Witte; 2019:798-804. (In Russ.).

7. Kozlovskaya Z.A., Yarmolich S.A., Marudo G.M. Rezul'taty pervichnogo sortoizucheniya sortov yabloni selektsii VNIISPK v usloviyakh Belarusi [Results of primary variety study of the apple cultivars of the selection VNIISPK in the conditions of Belarus]. *Selektsiya i sortorazvedenie sadovykh kul'tur = Breeding and variety of fruit and berry crops*. 2017;4(1-2):56-59. (In Russ.).

8. Makarenko S.A., Kalinina I.P. Geneticheskij potentsial v selektsii yabloni na yuge zapadnoj Sibiri [Genetic potential of apple tree breeding in the South of West Siberia]. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii = Works on applied botany, genetics and selection*. 2016;177(1):91-109. DOI: 10.30901/2227-8834-2016-1-91-109. (In Russ.).

9. Pomologiya Urala: sorta plodovykh, yagodnykh kul'tur i vinograda [Pomology of the Urals: varieties of fruit & berry crops and grapes]. Moscow: Nauka Press; 2022. 506 p. (In Russ.).

10. Sedov E.N., Korneeva S.A., Yanchuk T.V. Rol' otechestvennoj selektsii v sovershenstvovanii sortimenta yabloni v Rossii [The role of domestic breeding in improving the apple assortment in Russia]. *Vestnik Rossijskoj sel'skokhozyajstvennoj nauki = Bulletin of Russian Agricultural Science*. 2021;4:17-19. DOI: 10.30850/vrsn/2021/4/17-19. (In Russ.).

11. Sedov E.N., Yanchuk T.V., Korneeva S.A. et al. Sozdanie rossiiskikh adaptivnykh sortov yabloni *Malus × domestica* Borkh., VNIISPK smena zadach i razvitie metodov selektsii (obzor) [Russian adaptive apple (*Malus × domestica* Borkh.) varieties of VNIISPK – continuity of goals and developed echnologies (Review)]. *Sel'skokhozyajstvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2022;57(5):897-910. DOI:10.15389/agrobiology.2022.5.897rus. (In Russ.).

12. Gabriel A., Resende J.T.V., Zeist A.R. et al. Phenotypic stability of strawberry cultivars assessed in three environments. *Genetics and Molecular Research*. 2018;7(3):1-11. DOI: 10.18699/VJ19.540.

13. Merezhko O., Aminova E. Assessment of variability of productivity traits and biochemical composition of apple tree varieties and forms, selection of the Orenburg Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center of Horticulture". International Scientific and Practical Conference "Innovative Technologies in Agriculture" BIO Web of Conferences. ITIA 2022/bioconf/20224702003. 2022;47:02003. DOI: 10.1051/bioconf/20224702003.

14. Migicovsky Z., Gardner K.M., Richards C. et al. Genomic consequences of apple improvement. *Horticulture Research*. 2021;8(1):9. DOI: 10.1038/s41438-020-00441-7.

15. Trunov Yu.V., Solovyev A.V., Zavrazhnov A.A. et al. Modeling the productivity of intensive and super-intensive apple orchards in the midland of Russia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Series "International Conference on Agricultural Science and Engineering", ASAE 2021 (Michurinsk, April 12, 2021). IOP Publishing Ltd. 2021;845:012043. DOI:10.1088/1755-1315/845/1/012043.

Информация об авторах

О.Е. Мережко – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства», Оренбургский филиал (ФНЦ Садоводства), merejcko.olga@yandex.ru.

Е.В. Аминова – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства», Оренбургский филиал (ФНЦ Садоводства), aminowa.eugenia2015@yandex.ru.

Information about the authors

O.E. Merezhko, Candidate of Biological Sciences, Senior Research Scientist, Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Orenburg Branch, merejcko.olga@yandex.ru.

E.V. Aminova, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Research Scientist, Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Orenburg Branch, aminowa.eugenia2015@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 26.06.2023; одобрена после рецензирования 28.07.2023; принята к публикации 03.08.2023.

The article was submitted 26.06.2023; approved after reviewing 28.07.2023; accepted for publication 03.08.2023.

© Мережко О.Е., Аминова Е.В., 2023

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

Научная статья

УДК 631.675

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_3_101

EDN: RQRAIG

Методика расчета водного режима мелиорированных земель**Юрий Анатольевич Мажайский¹, Артём Андреевич Павлов²**^{1, 2}Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, Москва, Россия²kupoz@mail.ru

Аннотация. В целях повышения эффективности использования мелиорированных земель и рационального использования водных ресурсов, для достижения планируемой урожайности сельскохозяйственных культур предлагается при проектировании оросительных и осушительно-увлажнительных мелиорированных систем и расчете режима орошения культур на легких минеральных почвах с разным уровнем грунтовых вод учитывать факторы движения инфильтрационных вод и уровень подпитывания корнеобитаемого слоя грунтовыми водами. Исследования выполнены на легких минеральных почвах Мещерской низменности, относящейся к территории южной части Нечерноземной зоны. В качестве опытных культур были выбраны люпин, картофель и овес как наиболее перспективные с точки зрения окультуривания дерново-подзолистых супесчаных почв. Расчет водопотребления культур, режима влажности почв и оросительных норм приводится для разных уровней планируемой урожайности с использованием биологических коэффициентов. Представлен алгоритм расчета влажности почвы в корнеобитаемом слое, а также определения уровней грунтовых вод, элементов орошения и обеспеченных величин. С использованием разработанных методик определения элементов водного баланса и расчета водного режима супесчаных почв получены обеспеченные значения водопотребления полевых культур и вертикального влагообмена, оросительных норм и минимальных поливных интервалов. Проектный режим орошения дифференцирован по уровням урожайности и рекомендован отдельно для осушаемых почв и земель с глубоким залеганием грунтовых вод. Для проектной урожайности рекомендуемые биологически оптимальные оросительные нормы ниже применяемых в настоящее время при проектировании: на осушаемых почвах на 30–35% и на землях с глубоким залеганием грунтовых вод на 2–15%. Предложенный алгоритм расчета достаточно полно учитывает метеорологические и почвенно-гидрогеологические условия, подходит для разных сельскохозяйственных культур, так как учитывает их биологические особенности, позволяет снизить капитальные вложения в мелиорацию и рационально использовать воду при орошении.

Ключевые слова: влагообмен, орошение, инфильтрация, подпитывание, грунтовые воды, поливная норма, мелиоративные системы, супесчаные почвы

Для цитирования: Мажайский Ю.А., Павлов А.А. Методика расчета водного режима мелиорированных земель // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 3(78). С. 101–111. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_101-111.

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

Original article

Water regime of reclaimed lands calculation procedure**Yuri A. Mazhaysky¹, Artem A. Pavlov²**^{1, 2}Federal Research Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Moscow, Russia²kupoz@mail.ru

Abstract. In order to improve the efficiency of reclaimed lands and rational use of water resources, as well as to achieve the planned crop yields it is proposed to take into account the factors of infiltration water movement and the level of recharge of root habitable layer with ground waters when designing the irrigation and double-acting reclaimed irrigation systems and calculating the irrigation regime for crops on light mineral soils with different groundwater levels. The research was performed on light mineral soils of Meshchera Lowland, which is located in the southern part of the Nonchernozem belt. Experimental crops included lupine, potato and oat as the most prospective in terms of improvement of sod-podzolic sandy-loam soils. The authors provide the calculation of crop water consumption, soil moisture regime and irrigation norms for different levels of planned yield using biological coefficients. The authors also present the algorithm for calculating the soil moisture in the root habitable layer, as well as determining the groundwater levels, irrigation elements and ensured values. Using the developed methods for determining the elements of water balance and calculating the water regime of sandy-loam soils, the authors have obtained the ensured values of water consumption of field crops and vertical moisture exchange,

irrigation norms and minimum irrigation intervals. The design irrigation regime is differentiated by yield levels and is recommended separately for drained soils and lands with deep groundwater. For the planned yield the recommended biologically optimal irrigation norms are lower than those currently used in the design (by 30-35% on drained soils and by 2-15% on lands with deep groundwater). The proposed calculation algorithm includes a sufficiently complete account for meteorological and soil hydrogeological conditions and is suitable for various agricultural crops, since it takes into account their biological characteristics and allows reducing capital investments in land reclamation and using water for irrigation rationally.

Key words: moisture exchange, irrigation, infiltration, recharge, groundwater, irrigation rate, reclamation systems, sandy-loam soils

For citation: Mazhaysky Yu.A., Pavlov A.A. Water regime of reclaimed lands calculation procedure. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(3):101-111. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_101-111.

Сельское хозяйство в условиях экономической нестабильности ставит перед наукой задачи по поиску принципиально новых решений, способствующих оптимизации физического, химического, биологического состояния агроландшафтов ввиду обострения экологических проблем, оказывающих влияние на функционирование сельскохозяйственного производства [2, 4, 12]. В свете проблем деградации мелиорированных земель, постепенно осваиваемых с середины XX в., особую актуальность приобретают инновационные направления мелиорации при выращивании полевых культур [6, 14].

Мелиорированные земли в последние 20–30 лет оказались малоиспользуемыми или заброшенными, подверженными вторичному заболачиванию, и введение в оборот таких территорий с экономической точки зрения нецелесообразно. При этом следует учитывать, что существуют частично мелиорированные территории с близким уровнем залегания грунтовых вод, которые после окультуривания могут использоваться в сельском хозяйстве. Режим орошения на данных территориях является важным элементом технологий выращивания различных сельскохозяйственных культур, которые основаны на принципах рационального использования плодородия почв, естественных процессов фотосинтеза с учетом тепловых и водных видов природных ресурсов. Особенно важно это учитывать на слабоокультуренных супесчаных почвах с неустойчивым естественным водным режимом [11]. Регулирование влажности осуществляется системами орошения и осушения. Режим орошения таких почв изучен недостаточно ввиду большого количества факторов, влияющих на уровень обеспечения влагой корнеобитаемого слоя почвы. В частности, при расчете режима орошения на осушаемых землях необходимо учитывать приток инфильтрационных вод и уровень подпитывания корнеобитаемого слоя грунтовыми водами.

При проектировании оросительных и осушительно-увлажнительных мелиоративных систем в качестве основных исходных материалов используют данные по оросительным нормам, количеству поливов, величинам поливных норм и продолжительности межполивного интервала (режим орошения), по видам орошаемых сельскохозяйственных культур [3, 8, 16].

Объем разовой поливной нормы определяется водно-физическими свойствами почвы и в частности ее водоудерживающей способностью (наименьшей влагоемкостью), глубиной расчетного слоя увлажнения и величиной предполивной влажности [1, 5, 7, 15]. Глубину расчетного слоя увлажнения почвы необходимо дифференцировать по фазам развития сельскохозяйственных культур. В зависимости от динамики развития корневой системы культур она изменяется от 20 (картофель) и 30 см (овес, люпин) в начальные фазы развития до 30 (картофель), 40 (овес) и 50 см (люпин) во второй половине вегетации.

Влагосодержание супесчаных почв заметно изменяется под влиянием различных метеорологических факторов (выпадающих атмосферных осадков, температуры воздуха и др.), а также поливов. Следовательно, применяемые режимы орошения должны максимально учитывать весь спектр внешних факторов, оказывающих влияние на обеспечение влагой корневой системы растений, в противном случае использование мелиорирован-

ных земель будет неэффективным, а водные ресурсы будут расходоваться нерационально. В этой связи необходимо детальное изучение закономерностей формирования водного режима и составляющих водного баланса, таких как вертикальный влагообмен в зоне аэрации и суммарное испарение при орошении. Успешное выполнение поставленных задач при планировании и проведении мелиоративных мероприятий возможно при условии применения научно обоснованных норм и нормативов, полученных в ходе проведения большого количества экспериментов.

Исследования выполнены на легких минеральных почвах Мещерской низменности, относящейся к территории южной части Нечерноземной зоны. Ввиду того, что рациональный проектный режим орошения можно рассчитать лишь в результате анализа оросительных норм за многолетний период, расчеты выполнены за период 40 лет. В качестве опытных культур были выбраны люпин, картофель и овес как наиболее перспективные с точки зрения окультуривания дерново-подзолистых супесчаных почв.

Сроки вегетации установлены по средним многолетним данным в зоне проведения экспериментов и материалам собственных исследований: люпин 01.05 – 30.07, картофель 01.05 – 20.08, овес 01.05 – 10.08. Сроки полива не совпадают с началом и окончанием вегетации. Поливы начали от всходов культур и заканчивали раньше уборки на одну декаду для люпина и две декады для картофеля. Расчет водного режима почв проводился от срока посадки (сева) культур. В этот период (начало мая), как установлено в опытах, почва оптимально увлажнена.

Рекомендованная посевная норма осушения пашни для данной территории составляет 60–70 см [13]. Она обеспечивается к началу работ действием осушительной сети. Для отмеченного уровня залегания грунтовых вод влажность в расчетном слое почв составляет под люпином и овсом 75 и картофелем 52 мм. Эти значения влажности почв приняты за исходные в расчетах водного режима. На неосушаемых землях грунтовые воды не влияют на влажность расчетного слоя. На начало расчетного периода она находится на уровне наименьшей влагоемкости и составляет в расчетном слое почв для овса и люпина 50 мм, а для картофеля 35 мм. В период вегетации оптимальные пределы увлажнения, расчетный слой увлажнения и поливные нормы изменялись в соответствии с нарастанием корневой системы и требованиями растений по оптимальной увлажненности почв.

Расчет водопотребления культур, режима влажности почв и оросительных норм приводился для разных уровней планируемой урожайности. С учетом недостатка многолетних декадных значений радиационного баланса и суточных температур воздуха по метеостанциям зоны, проектный режим орошения рассчитывался с использованием декадных значений среднесуточного дефицита влажности воздуха и суммы осадков по декадам.

Для расчета режима и динамики грунтовых вод использовались следующие коэффициенты:

- $\lambda = 0,00522$ и $Q = 0,65$, учитывающие дренажный сток и вертикальный влагообмен;
- $\mu = 0,0076$, определяемый водоотдачей слоя при возможных колебаниях уровня воды;
- $\sigma = 1302$, $\varphi_1 = 0,72$, $\delta = 0,13$, учитывающие водоотдачу в слое почвы;
- K_v – биологические коэффициенты водопотребления (мм/мб) при различной урожайности сельскохозяйственных культур (Y , ц/га).

Также принимали во внимание значения таких показателей, как:

- верхний (W_{max}) и нижний (W_{min}) оптимальные пределы влажности почвы, мм;
- возможная поливная норма (m_i , мм) по декадам от посадки (сева) культур (рис. 1–3) [9].

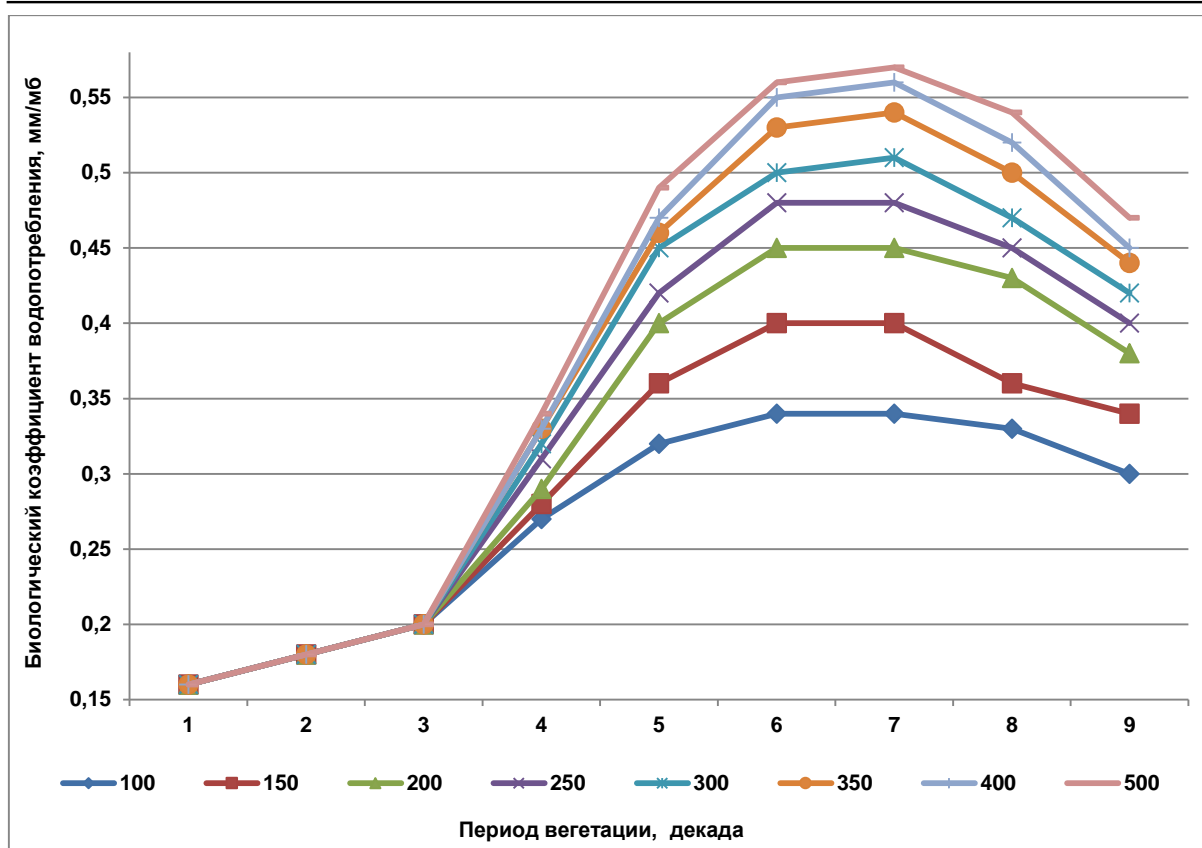


Рис. 1. Биологический коэффициент водопотребления люпина при различной урожайности, ц/га

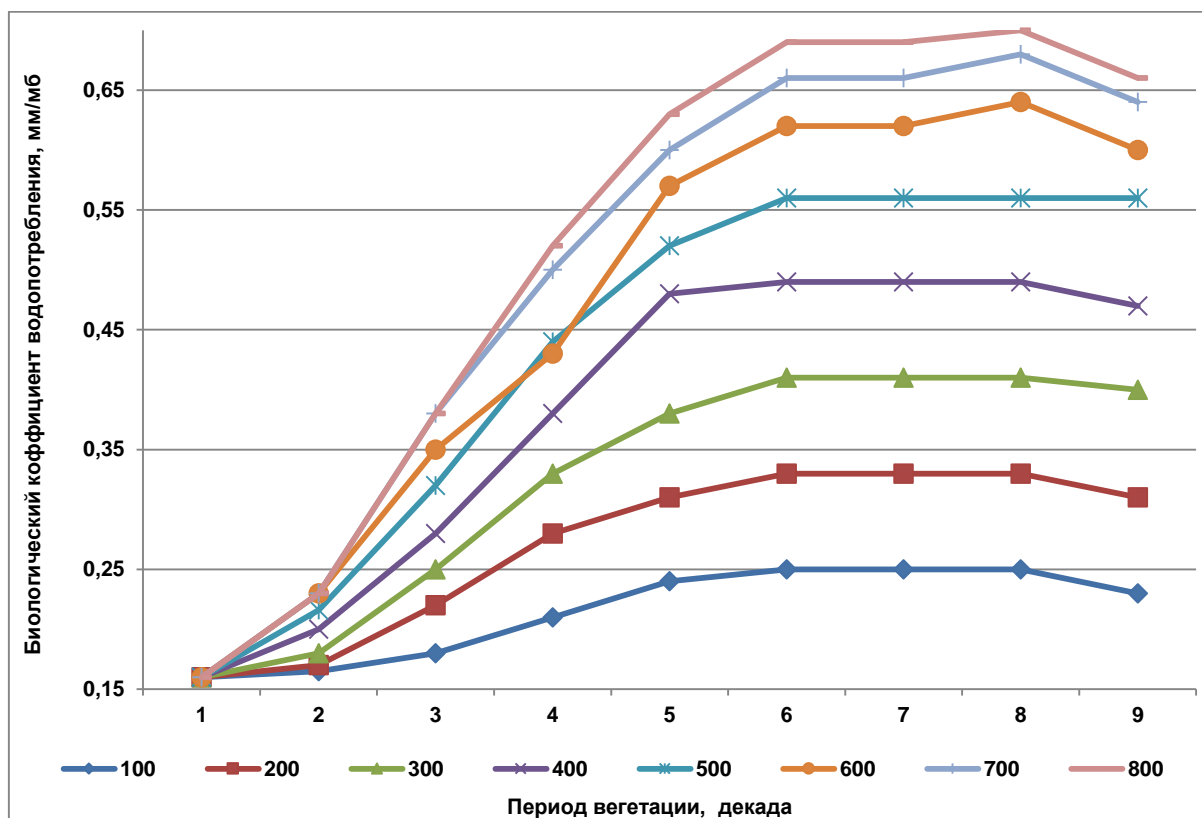


Рис. 2. Биологический коэффициент водопотребления картофеля при различной урожайности, ц/га

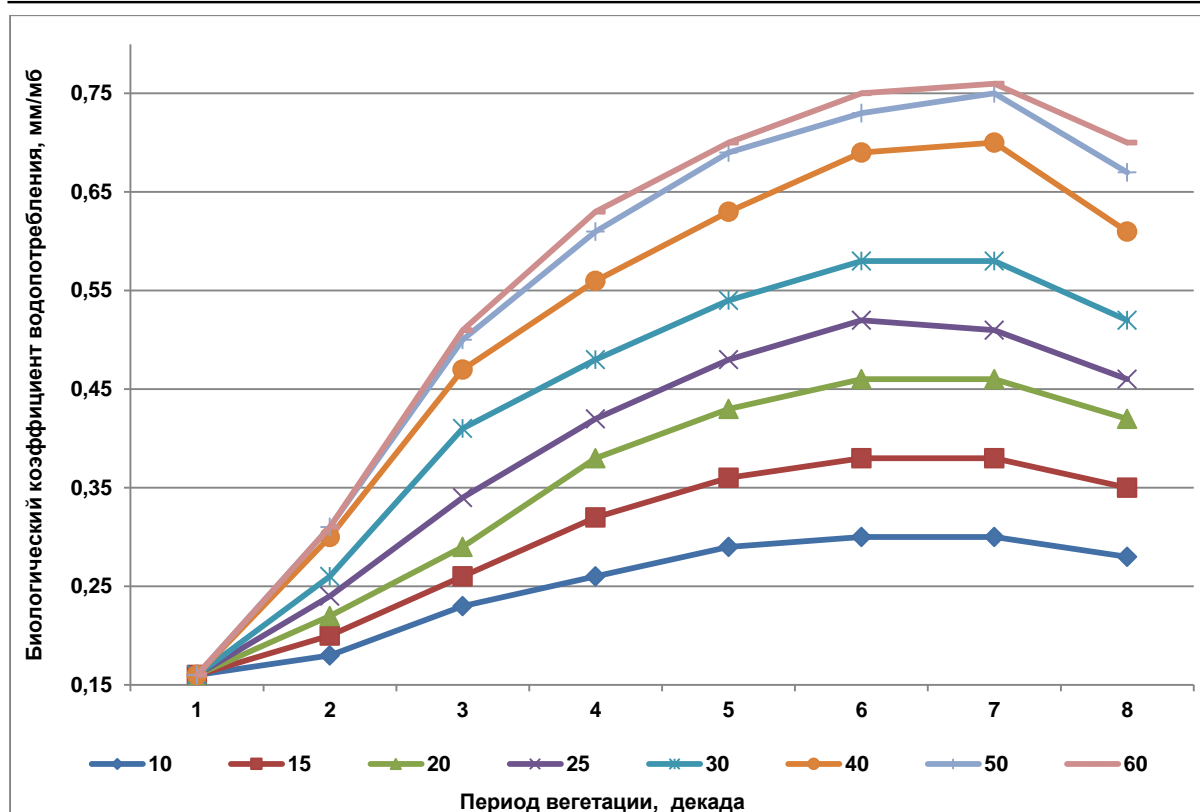


Рис. 3. Биологический коэффициент водопотребления овса при различной урожайности, ц/га

Исходная влажность в расчетном слое почвы (W_B) для овса и люпина на осушаемых землях равна 75 мм и на землях с глубоким залеганием грунтовых вод – 50 мм, для картофеля – соответственно 50 и 35 мм. Глубина заложения дрен для пашни $H_g = 1,1$ м.

1. Расчет режима влажности почвы в корнеобитаемом слое

1.1. Расчетный слой увлажнения изменяется в зависимости от фаз развития растений, поэтому расчет влагозапасов, параметров увлажнения, вертикального влагообмена проводится одновременно для слоев 20, 30 см для картофеля, 30, 40, 50 см – для люпина, 30, 40 см – для овса и для активного влагообмена 60 см для всех культур. Необходимость полива и дата его проведения определяются для расчетного слоя в конкретный период. При увеличении глубины слоя увлажнения (до 30 см и более) расчет в меньшем слое прекращается.

1.2. Расчет режима орошения проводится поочередно для каждого уровня урожайности, при этом алгоритм расчета режима орошения полностью сохраняется.

1.3. В каждую декаду конкретного года рассчитывается водопотребление (E_i):

$$E_i = b \times K_v \times d^c \times n, \quad (1)$$

где b, c – коэффициенты регрессии;

d – среднесуточный дефицит влажности, мб;

n – продолжительность расчетного периода, сутки;

K_v – биологический коэффициент водопотребления [10].

1.4. Определяется метеорологический дефицит (D_i):

$$D_i = O_i - E_i, \quad (2)$$

где O_i – осадки за расчетную декаду, мм.

1.5. Находится параметр увлажнения начального расчетного слоя почвы (S_{li}):

$$S_{li} = W_{hi} + D_i, \quad (3)$$

где W_{hi} – влагозапасы в слоях почвы 20, 30, 40, 50, 60 см на начало декады, мм.

Влагозапасы в слоях почвы определяются видом культуры. Если в декаде уровень грунтовых вод на начало расчетного периода (H_{hi}) < 0,4 м, то параметры W_{hi} , вла-

гозапас на конец расчетного периода (W_{ki}), показатель увлажнения почвы (S_{li}), вертикальный влагообмен (R_{li}) не рассчитываются, а ведется расчет только режима грунтовых вод. Вертикальный влагообмен в данном случае принимается равным метеорологическому дефициту с обратным знаком $R_{li} = -D_i$. Если в декаде уровень грунтовых вод $H_{Hi} \geq 0,4$, то $W_{Hi} = W_B$, в последующие декады $W_{Hi} = W_{K(i+1)}$.

1.6. Определяется среднесуточный дефицит водопотребления ($\Delta D_{i\text{сут}}$):

$$\Delta D_{i\text{сут}} = -(O_i - E_i) / n_i. \quad (4)$$

1.7. Определяется относительная влажность почвы на начало декады (K_w):

$$K_w = W_{Hi} / W_{HVi}, \quad (5)$$

где W_{Hi} , W_{HVi} – влажность в конкретном расчетном слое почвы и наименьшая влагоемкость на начало декады, мм.

В первую декаду на осушаемых землях $W_{Hi} = W_B$, на землях с глубоким залеганием грунтовых вод $W_{Hi} = W_{HB}$. Для последующей декады $W_{H(i+1)}$ принимается равной конечной в расчетах. Величина наименьшей влагоемкости соответствует верхнему пределу влажности почвы W_{\max} .

1.8. Определяется вертикальный влагообмен ($\pm R$):

- для осушаемых земель по формуле (6):

$$\pm R = a \times \Delta D^b \times K_w^c \times e^{dH} \times n, \quad (6)$$

где e – основание натурального логарифма;

a, b, c, d – эмпирические коэффициенты;

- для земель с глубоким залеганием грунтовых вод по формуле (7):

$$\pm R = a \times \Delta D^b \times K_w^c \times n. \quad (7)$$

1.9. На осушаемых землях в первую декаду $H_{Hi} = H_{\text{пос}} = 0,7$ м. В последующие декады $H_{H(i+1)} = H_{ki}$, то принимается H_{ki} – уровень грунтовых вод на конец предыдущей декады (м). Если в какую-то декаду при расчете получится, что $H_{Hi} < H_{\text{пос}}$, то принимается $H_{Hi} = H_{\text{пос}}$.

1.10. Определяются влагозапасы в почве на конец декады (W_{k1i}):

$$W_{k1i} = S_{li} \pm R_{li}. \quad (8)$$

1.11. Если в слое увлажнения $W_{k1i} > W_{\min}$, то расчет продолжается. Влагозапасы на начало последующей декады принимаются равными влагозапасам на конец расчетной декады $H_{H(i+1)} = W_{k1i}$.

1.12. Если $W_{k1i} \leq W_{\min}$, то назначается полив нормой $m_1 = m_i$.

1.13. Дата первого полива с округлением в большую сторону (t_1) определяется по формуле (9):

$$t_1 = (W_{Hi} - W_{\min}) / (|D_i| / n_i), \quad (9)$$

где W_{Hi} , W_{\min} – начальная и минимальная влажность в слое увлажнения, мм;

$|D_i|$ – метеорологический дефицит по модулю, мм;

n_i – количество суток в декаде.

1.14. Вычисляется параметр увлажнения после первого полива (S_{2i}):

$$S_{2i} = S_{li} + m_1. \quad (10)$$

1.15. Определяется суточный дефицит водопотребления после первого полива ($\Delta D_{i\text{сут}}$):

$$\Delta D_{i\text{сут}} = (\Delta D_{i\text{сут}} - (m_1 / n_i)). \quad (11)$$

1.16. Определяется вертикальный влагообмен R_{2i} с учетом первого полива по формулам (6) или (7). В них $\Delta D = \Delta D_{i\text{сут}}$, а K_w после каждого очередного полива при расчете влагообмена принимается равной 1.

1.17. Находится средний за декаду влагообмен ($R_{\text{ср}1i}$):

$$R_{\text{ср}1i} = [R_{1i}t_1 + R_{2i}(n_i - t_1)] / n_i. \quad (12)$$

1.18. Вычисляются влагозапасы на конец расчетной декады после первого полива (W_{k2i}):

$$W_{k2i} = S_{2i} \pm R_{\text{ср}1i}. \quad (13)$$

1.19. Если окажется, что после первого полива $W_{k2i} > W_{\min}$, то принимается $W_{H(i+1)} = W_{k2i}$.

1.20. Если $W_{k2i} \leq W_{\min}$, то назначается второй полив нормой $m_2 = m_i$.

1.21. Дата второго полива (t_2) устанавливается из следующей зависимости:

$$t_2 = (W_{Hi} + m_1 - W_{\min}) / (|D_i| / n_i). \quad (14)$$

1.22. Определяется параметр увлажненности расчетного слоя почвы (S_{3i}):

$$S_{3i} = S_{2i} + m_2. \quad (15)$$

1.23. Определяется суточный дефицит после второго полива ($\Delta D_{2i\text{сут}}$):

$$\Delta D_{2i\text{сут}} = \Delta D_{1i} - (m_1 / n_i). \quad (16)$$

1.24. Определяется вертикальный влагообмен после второго полива R_{3i} по формуле (6) или (7), где $\Delta D = \Delta D_{2i\text{сут}}$, а $K_w = 1$.

1.25. Вычисляется средневзвешенный за декаду влагообмен ($R_{2\text{ср.взв}}$):

$$R_{2\text{ср.взв}} = [R_{1i}t_1 + R_{2i}(t_2 - t_1) + R_{3i}(n_i - t_2)] / n_i. \quad (17)$$

1.26. Вычисляются влагозапасы на конец расчетной декады и на начало следующей после двух поливов (W_{K3i}):

$$W_{K3i} = S_{3i} \pm R_{2\text{ср.взв}}. \quad (18)$$

1.27. Если после второго полива окажется, что $W_{K3i} \leq W_{\min}$, то назначается третий полив $m_3 = m_i$, затем при тех же условиях четвертый, а операции по п.п. 1.21–1.27 аналогично повторяются.

2. Расчет уровней грунтовых вод

2.1. Определение динамики уровня грунтовых вод в почве выполняется только для осушаемых земель. При оценке их понижения или повышения используется вертикальный влагообмен для слоя активного влагообмена (60 см).

2.2. Определяется напор над дренами в начале декады ($H_{O\text{нач}}$):

$$H_{O\text{нач}} = H_g - H_{Hi}, \quad (19)$$

где H_g – глубина заложения дрен, м;

H_{Hi} – уровень грунтовых вод на начало декады, м.

2.3. Если на начало декады $H_{Hi} < H_g$, то изменение глубины залегания грунтовых вод за декаду определяется по формуле (ΔH):

$$\Delta H = Q \times H_o \lambda (\pm R). \quad (20)$$

Причем вертикальный влагообмен (R_i) для слоя активного влагообмена (в мм за декаду) принимается равным последнему из значений: R_{1i}^a , $R_{1i \text{ ср.взв}}^a$, $R_{2i \text{ ср.взв}}^a$, $R_{ni \text{ ср.взв}}^a$.

2.4. Находится уровень грунтовых вод на конец декады (H_{Ki}):

$$H_{Ki} = H_{Hi} \pm \Delta H_i, \quad (21)$$

где ΔH_i – изменение уровня грунтовых вод.

2.5. Вычисляется напор над дренами в конце расчетной декады (H_{Oki}):

$$H_{Oki} = H_g - H_{Ki}. \quad (22)$$

2.6. Напор над дренами на начало последующей декады равен ($H_{OH(i+1)}$):

$$H_{OH(i+1)} = H_{Oki}. \quad (23)$$

2.7. Если на начало декады $H_{Ki} \geq H_g$, то уровень грунтовых вод определяется по формуле (H_{Ki}):

$$H_{Ki} = H_{Hi} + \mu R. \quad (24)$$

Если при определении уровня грунтовых вод окажется, что $H_{Ki} > H_g$, то нужно переходить к расчетам в следующей декаде, принимая $H_{H(i+1)} = H_{Ki}$.

Если получится $H_{Ki} < H_g$, то находится слой воды для подъема уровня грунтовых вод от H_{Hi} до H_g по формуле (25):

$$V = \delta (H_{Hi} + H_g). \quad (25)$$

При этом вычисляется слой воды, вызывающий подъем уровня залегания грунтовых вод выше дренажной сети (N) по следующей формуле:

$$N = (|0,001R| - V) / n. \quad (26)$$

2.8. Уровень грунтовых вод на конец декады рассчитывается по формуле (H_{Ki}):

$$H_{Ki} = H_g - H_{i.} \quad (27)$$

Напор между дренами на начало следующей декады ($H_{OH(i+1)}$) определяется по формуле (28):

$$H_{OH(i+1)} = H_{i.} \quad (28)$$

2.9. Если на конец декады $H_{Ki} < 0$, то $H_{H(i+1)} = 0$:

$$H_{OH(i+1)} = H_g. \quad (29)$$

3. Расчет элементов режима орошения

3.1. По датам полива определяется межполивные интервалы (Т):

$$T = t_{(i+1)} - t_i. \quad (30)$$

3.2. Выбирается наименьший межполивной интервал T_{min} .

3.3. Оросительная норма (М) в конкретном году (j) году вычисляется как сумма поливных норм:

$$M_j = \sum_{i=1}^e m_i. \quad (31)$$

3.4. Определяется по декадам дефицит водного баланса (D_{Bi}):

$$D_{Bi} = -(D_i + R_i). \quad (32)$$

3.5. Подсчитывается алгебраическая сумма дефицитов водного баланса с нарастающим итогом (D_j):

$$D_j = \sum_{i=1}^e D_{Bi}, \quad (33)$$

где e – количество декад в расчетном периоде.

3.6. Определяется суммарное водопотребление (E_j):

$$E_j = \sum_{i=1}^e E_i. \quad (34)$$

В качестве примера в таблице приведен расчет режима орошения картофеля на планируемую урожайность 250 ц/га для осушаемых земель.

Расчет режима орошения картофеля на планируемую урожайность

Декады	O, мм	d, мб	E, мм	W _H , мм	W _K , мм	R, мм	m, мм	N ₁ , сут	N ₂ , сут	T ₁ , сут	T ₂ , сут	H _H , мм	H _K , мм	D _{Bi} , мм
1	12,6	5,4	11,5	52,0	49,6	-3,5	0	0	0	0	0	0,70	0,94	2,4
2	0,5	6,1	13,4	49,6	40,0	3,3	0	0	0	0	0	0,94	1,06	9,6
3	8,3	7,3	17,4	40,0	34,7	3,7	0	0	0	0	0	1,06	1,11	5,3
4	1,4	7,9	25,1	34,7	31,5	5,5	15	37	0	0	0	1,11	1,15	18,2
5	38,6	6,2	31,5	31,5	36,0	-2,6	0	0	0	0	0	1,15	1,13	-4,5
6	16,7	11,4	43,5	36,0	28,7	4,5	15	56	0	19	0	1,13	1,17	22,3
7	24,0	10,0	41,7	38,2	31,3	10,9	0	0	0	0	0	1,17	1,26	6,9
8	7,9	11,2	40,5	31,3	40,0	1,3	40	72	77	16	5	1,26	1,27	31,3
9	0,0	17,9	45,8	40,0	37,2	3,0	40	83	88	6	5	1,27	1,30	42,9
Сумма	110,0		270,5			26,1	110			T _{min} = 5				134,3

4. Расчет обеспеченных величин

4.1. Оросительные нормы конкретных лет (M_j), суммы дефицитов водного баланса (D_j), суммарного водопотребления (E_j) и вертикального влагообмена (R_j) располагаются в возрастающем порядке и определяются среднеголетние значения (M_{cp} (E_{cp} , D_{cp} , R_{cp})):

$$M_{cp} (E_{cp}, D_{cp}, R_{cp}) = [\sum M_j (\sum E_{cp}, \sum D_{cp}, \sum R_{cp})] / n_i, \quad (35)$$

где n_i – количество лет в расчетном периоде.

4.2. Рассчитываются модульные коэффициенты:

$$K_j^M(K_j^E K_j^D K_j^R) = M_j/M_{cp}(E_j / E_{cp}, D_j / D_{cp}, R_j / R_{cp}). \quad (36)$$

4.3. Определяются коэффициенты вариации (C_v):

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum (K_j - 1)^2}{n-1}}. \quad (37)$$

4.4. Находятся коэффициенты асимметрии (C_s):

$$C_s = \sum (K_j - 1)^3 / n (C_v)^3. \quad (38)$$

4.5. Для каждого члена ранжированного ряда оросительных норм, сумм дефицитов водного баланса, суммарного водопотребления и вертикального влагообмена определяется обеспеченность (P_j):

$$P_j = (m_j - 0,3 / n_i + 0,4) \times 100 \%. \quad (39)$$

4.6. Выбранные значения минимальных межполивных интервалов T_{jmin} располагаются в убывающем порядке.

4.7. Кривые обеспеченности элементного водного баланса и режимы орошения строятся по методикам, применяемым в гидрологических расчетах [9].

Предложенный алгоритм позволяет рассчитать:

- по декадам – номер декад, атмосферные осадки и дефицит влажности воздуха, биологические коэффициенты и водопотребление культур, метеорологический дефицит, начальные и конечные влагозапасы, конечное значение вертикального влагообмена в расчетном слое почвы, сумму и даты поливов, межполивные интервалы, начальный и конечный уровень грунтовых вод;

- для всего периода вегетации – коэффициенты для расчета водопотребления, влагообмена и уровня грунтовых вод, оросительную норму, минимальный межполивной интервал, дефицит водного баланса, водопотребление и вертикальный влагообмен.

Выводы

Разработанные методики позволили рассчитать водный баланс и водный режим супесчаных почв Мещерской низменности (обеспеченные значения водопотребления полевых культур и вертикального влагообмена, оросительных норм и минимальных поливных интервалов).

Проектный режим орошения дифференцирован по уровням урожайности и рекомендован отдельно для осушаемых почв и земель с глубоким залеганием грунтовых вод.

Для проектной урожайности рекомендуемые биологически оптимальные оросительные нормы ниже применяемых в настоящее время:

- на осушаемых почвах – на 30–35%;
- на землях с глубоким залеганием грунтовых вод – на 2–15%.

При эксплуатации гидромелиоративных систем проектные режимы орошения следует корректировать по разработанной методике, учитывающей суточное водопотребление и вертикальный влагообмен.

Рекомендуемый способ моделирования водного режима почв подходит для разных сельскохозяйственных культур и достаточно полно учитывает метеорологические и почвенно-гидрогеологические условия зоны проведения исследований, биологические особенности растений, позволяет снизить капитальные вложения на мелиорацию и рационально использовать воду при орошении.

Список источников

1. Анженков А.С. Адаптационный потенциал мелиоративных систем // Мелиорация и водное хозяйство. 2021. № 6. С. 41–44. DOI: 10.32962/0235-2524-2021-6-41-44.
2. Бабичев А.Н., Сидаренко Д.П. Водопотребление картофеля весенней посадки в зависимости от режима орошения и технологии внесения удобрений // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2022. № 1(85). С. 78–83.

3. Безбородов Ю.Г., Хожанов Н.Н., Ауганбаева Ж.С. Оценка продуктивности мелиоративных агроландшафтов Жамбылской области // Природообустройство. 2020. № 4. С. 22–27. DOI: 10.26897/1997-6011/2020-4-22-27.
4. Гусев А.Ю., Медеяева З.П., Кошкина И.Г. Состояние, проблемы и перспективы землепользования в сельском хозяйстве (на примере Рязанской области) // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 3(74). С. 237–244. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_3_237.
5. Дубенок Н.Н., Майер А.В. Многолетние исследования гидротермического режима агроценозов и системы комбинированного орошения для его регулирования // Российская сельскохозяйственная наука. 2022. № 2. С. 3–7. DOI: 10.31857/S2500262722020016.
6. Дьяконов К.Н., Пыленок П.И., Харитонов Т.И. Гидромелиоративные и постмелиоративные ландшафты Мещеры // Проблемы рационального использования природных ресурсов и устойчивое развитие Полесья: сборник докладов международной научной конференции: в 2 т. (Минск, 14–17 сентября 2016 г.). Минск: Беларуская навука, 2016. Т. 1. С. 44–47.
7. Костяков А.Н. Основы мелиораций: учебники и учебные пособия для сельскохозяйственных вузов. Москва: Сельхозгиз, 1938. 732 с.
8. Лазарева Т.С., Мажайский Ю.А., Шуравилин А.В. Водный режим почв орошаемых газонов // Мелиорация и водное хозяйство. 2016. № 6. С. 30–33.
9. Методические указания по статистической обработке экспериментальных данных в мелиорации и почвоведении. Ленинград: СевНИИГиМ, 1977. 274 с.
10. Михальцевич А.И. О совершенствовании биоклиматического расчета испарения с орошаемых полей // Мелиорация переувлажненных земель: научные труды БелНИИ мелиорации и водного хозяйства. Минск: Ураджай, 1979. Т. 27. С. 3–9.
11. Муромцев Н.А., Семенов Н.А., Мажайский Ю.А. и др. Грунтовые воды как источник водного и минерального питания растений // Почвенные и земельные ресурсы: состояние, оценка, использование: материалы Первой Всероссийской открытой конференции (Москва, 08–10 октября 2014 г.). Москва: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2014. С. 511–515.
12. Постолов В.Д., Крюкова Н.А., Денисова Е.В. и др. Землеустройство – механизм формирования и повышения эффективности ресурсного потенциала ландшафтных систем // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2010. № 3(26). С. 85–89.
13. Томин Ю.А., Панов Е.П. Режим осушения переувлажненных почв Рязанской Мещеры // Пути повышения эффективности использования мелиорированных земель в Рязанской области: сборник научных трудов Мещерского филиала ВНИИГиМ. Рязань, 1979. С. 23–29.
14. Хожанов Н.Н. Методика расчета суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3(63). С. 174–181. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-17.
15. Черемисинов А.Ю., Черемисинов А.А. Выбор метода расчета водопотребления сельскохозяйственными культурами при орошении // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2015. № 4–2(47). С. 48–55.
16. Юркова Р.Е., Селицкий С.А., Докучаева Л.М. Влияние режимов орошения на водопотребление, развитие и урожайность сои // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 4. С. 204–217. DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-4-204-217.

References

1. Anzhenkov A.S. Adaptatsionnyj potentsial meliorativnykh system [Adaptive potential of reclamation systems]. *Melioratsiya i vodnoe khozyajstvo = Reclamation and water management*. 2021;6:41-44. DOI: 10.32962/0235-2524-2021-6-41-44. (In Russ.).
2. Babichev A.N., Sidarenko D.P. Vodopotreblenie kartofelya vesennej posadki v zavisimosti ot rezhima orosheniya i tekhnologii vneseniya udobrenij [Water consumption of spring planted potato depending on the irrigation regime and fertilizer application technology]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya = Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture*. 2022;1(85):78-83. (In Russ.).
3. Bezborodov Yu.G., Hozhanov N.N., Auganbaeva Zh.S. Otsenka produktivnosti meliorativnykh agrolandshaftov Zhambylskoj oblasti [Assessment of the productivity of the reclamation agrolandscapes of Zhambyl region]. *Prirodoobustrojstvo = Environmental Engineering*. 2020;4:22-27. DOI: 10.26897/1997-6011/2020-4-22-27. (In Russ.).
4. Gusev A.Yu., Medelyaeva Z.P., Koshkina I.G. Sostoyanie, problemy i perspektivy zemlepol'zovaniya v sel'skom khozyajstve (na primere Ryazanskoj oblasti) [Current state and development trends of land management in agriculture (in a specific context of Ryazan Oblast)]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(3):237-244. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_3_237. (In Russ.).
5. Dubenok N.N., Mayer A.V. Mnogoletnie issledovaniya gidrotermicheskogo rezhima agrotsenozov i sistemy kombinirovannogo orosheniya dlya ego regulirovaniya [Long-term studies of the hydrothermal regime of agroecosystem and the system of combined irrigation for its regulation]. *Rossiiskaja sel'skokhoziaistvennaja nauka = Russian Agricultural Sciences*. 2022;2:3-7. DOI: 10.31857/S2500262722020016. (In Russ.).
6. Dyakonov K.N., Pylenok P.I., Kharitonova T.I. Gidromeliorativnye i postmeliorativnye landshafty Meshchery. Problemy ratsional'nogo ispol'zovaniya prirodnykh resursov i ustojchivoe razvitie Poles'ya: sbornik dokladov mezhdunarodnoj nauchnoj konferentsii: v 2 t. (Minsk, 14-17 sentyabrya 2016 g.) [Hydroameliorated and postameliorated landscapes of Meschera. Problems of rational use of natural resources and sustainable deve-

lopment of Polesie: Collection of reports of the International scientific conference: in 2 volumes (Minsk, September 14-17, 2016). Minsk: Belarusian Science Press. 2016;1:44-47. (In Russ.).

7. Kostyakov A.N. Osnovy melioratsij: uchebniki i uchebnye posobiya dlya sel'skokhozyajstvennykh vuzov [Fundamentals of land reclamation: textbooks and study guides for agricultural universities]. Moscow: Selkhozgiz; 1938. 732 p. (In Russ.).

8. Lazareva T.S., Mazhaysky Yu.A., Shuravilin A.V. Vodnyj rezhim pochv oroshaemykh gazonov [Water regime of soils of irrigated lawns]. *Melioratsiya i vodnoe khozyajstvo = Reclamation and water management*. 2016;6:30–33. (In Russ.).

9. Metodicheskie ukazaniya po statisticheskoj obrabotke eksperimental'nykh dannykh v melioratsii i pochvovedenii [Methodological guidelines for statistical processing of experimental data in land reclamation and soil science]. Leningrad: Northern Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation Press; 1977. 274 p. (In Russ.).

10. Mikhaltsevich A.I. O sovershenstvovanii bioklimaticheskogo rascheta isparenii s oroshaemykh polej. Melioratsiya pereuvlazhnennykh zemel': nauchnye trudy BelNII melioratsii i vodnogo khozyajstva [On improving the bioclimatic calculation of evaporation from irrigated fields. Reclamation of waterlogged lands: Scientific Papers of Belarusian Research Institute of Reclamation and Water Management]. Minsk: Uradzhay Press. 1979;27:3-9. (In Russ.).

11. Muromtsev N.A., Semenov N.A., Mazhaysky Yu.A. et al. Gruntovye vody kak istochnik vodnogo i mineral'nogo pitaniya rastenij. Pochvennye i zemel'nye resursy: sostoyanie, otsenka, ispol'zovanie: materialy Pervoj Vserossijskoj otkrytoj konferentsii (Moskva, 08-10 oktyabrya 2014 g.) [Groundwater as a source of water and mineral nutrition of plants. Soil and land resources: state, assessment, use: Proceedings of the First All-Russian Open Conference (Moscow, 08-10 October 2014)]. Moscow: V.V. Dokuchaev Soil Science Institute Press; 2014:511-515. (In Russ.).

12. Postolov V.D., Kryukova N.A., Denisova E.V. et al. Zemleustrojstvo – mekhanizm formirovaniya i povysheniya effektivnosti resursnogo potentsiala landshaftnykh sistem [Land management as the mechanism for forming and increasing the efficiency of resource potential of landscape systems]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2010;3(26):85-89. (In Russ.).

13. Tomin Yu.A., Panov E.P. Rezhim osusheniya pereuvlazhnennykh pochv Ryazanskoj Meshchery. Puti povysheniya effektivnosti ispol'zovaniya meliorirovannykh zemel' v Ryazanskoj oblasti [The mode of drainage of waterlogged soils of Ryazan Meshchera. Ways for improving the efficiency of reclaimed land use in Ryazan Oblast: Collection of Scientific Papers of the Meshchera Branch of All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation (VNIIGiM)]. Ryazan; 1979:23-29. (In Russ.).

14. Khozhanov N.N. Metodika rascheta summarnogo vodopotrebleniya sel'skokhozyajstvennykh kul'tur [Methodology of calculation of total water consumption of agricultural cultures]. *Izvestiya Nizhnevolszhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education*. 2021;3(63):174-181. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-17. (In Russ.).

15. Cheremisinov A.Yu., Cheremisinov A.A. Vybor metoda rascheta vodopotrebleniya sel'skokhozyajstvennykh kul'turami pri oroshenii [Selection of method for calculating water consumption by agricultural crops under irrigation]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2015;4-2(47):48-55. (In Russ.).

16. Yurkova R.E., Selitskiy S.A., Dokuchaeva L.M. Vliyanie rezhimov orosheniya na vodopotreblenie, razvitiye i urozhajnost' soi [Irrigation regimes impact on soybean water consumption, development and yield]. *Melioratsiya i gidrotekhnika = Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2022;12(4):204-217. DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-4-204-217. (In Russ.).

Информация об авторах

Ю.А. Мажайский – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник научного подразделения, Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова, director@mntc.pro.

А.А. Павлов – кандидат биологических наук, научный сотрудник научного подразделения, Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова, kupoz@mail.ru.

Information about the authors

Yu.A. Mazhaysky, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Research Scientist, Scientific Department, Federal Research Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, director@mntc.pro.

A.A. Pavlov, Candidate of Biological Sciences, Research Scientist, Scientific Department, Federal Research Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, kupoz@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 24.05.2023; одобрена после рецензирования 25.06.2023; принята к публикации 08.07.2023.

The article was submitted 24.05.2023; approved after reviewing 25.06.2023; accepted for publication 08.07.2023.

© Мажайский Ю.А., Павлов А.А., 2023

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

Научная статья

УДК 631.6:626.8:911.53

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_3_112

EDN: RVTEBI

Мониторинг мелиорируемых земель с использованием ландшафтно-экологического подхода

Тамара Владиславовна Симакова^{1✉}, Антон Васильевич Симаков²,
Алина Дмитриевна Иванова³

^{1,2,3}Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия

¹simakovatv@gausz.ru[✉]

Аннотация. На современном этапе эффективность использования земель осложняется проявлениями деградационных процессов, усилением антропогенной нагрузки, что в совокупности тормозит процессы их естественного восстановления. Одним из элементов естественного восстановления природных ресурсов выступают различные средостабилизирующие территории, такие как водные объекты, леса, болота и др., которые в настоящее время находятся в состоянии экологической напряженности. Объектом исследования является территория Тарманского болотного массива, расположенного в границах Тарманского сельского поселения (СП) Нижнетавдинского района Тюменской области, уникального природного образования, где 50% от общей площади занимают массивы болот, треть территории – леса, луга, пригодные для использования в сельском хозяйстве. Проанализировано состояние почвы как важнейшего компонента сложившейся агроэкосистемы территории Тарманского СП, проведена группировка земель исследуемой территории, подверженных деградационным процессам, составлена карта благоприятности окружающей среды территории, сформированы кластеры, которые определены с учетом ландшафтно-экологического подхода. Разработаны мероприятия, направленные на снижение и предотвращение развития деградационных процессов (в частности, на территориях слабой и средней степени заболачивания – применение фитомелиоративных севооборотов, на сильнозаболоченных территориях – консервация земель, на закустаренных территориях – расчистка и внедрение культурной растительности и др.). Разработанная карта благоприятности стала основой для формирования мероприятий, направленных на моделирование агроэкосистемы в границах землепользования, реализация которых позволит сохранить природно-ресурсный потенциал земель исследуемой территории, устраняя негативные процессы, приводящие к деградации почв, восстанавливая и повышая их плодородие и качество. На землях сельскохозяйственного назначения реализация предложенных мероприятий позволит увеличить выход сельскохозяйственной продукции.

Ключевые слова: мониторинг земель, закустаривание территории, заболачивание территории, засоленность почвы, ландшафтно-экологическое зонирование, экологическая благоприятность территории

Для цитирования: Симакова Т.В., Симаков А.В., Иванова А.Д. Мониторинг мелиорируемых земель с использованием ландшафтно-экологического подхода // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 3(78). С. 112–127. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_112–127.

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

Original article

Monitoring of reclaimed lands using the landscape-ecological approach

Tamara V. Simakova^{1✉}, Anton V. Simakov², Alina D. Ivanova³

^{1,2,3}Northern Trans-Ural State Agricultural University, Tyumen, Russia

¹simakovatv@gausz.ru[✉]

Abstract. At the present stage, the efficiency of land use is complicated by manifestations of degradation processes and increased anthropogenic load, which together slow down the processes of natural restoration. One of the elements of natural restoration of natural resources includes various environment-stabilizing territories, such as water bodies, forests, swamps, etc., which are currently in ecological tension. The object of research is the territory of the Tarmansky wetland located within the boundaries of the Tarmansky rural settlement (RS) of Nizhnetavdinsky District of Tyumen Oblast. It is a unique natural formation, where 50% of the total area is occupied by swamps, and one third of the territory is covered by forests and meadows suitable for agriculture. The authors have analyzed the state of the soil as the most important constituent of the existing agroecosystem in the territory of the Tarmansky RS and grouped the lands exposed to degradation processes within the studied

territory. A map of environmental friendliness of the territory has been compiled, and clusters have been formed taking into account the landscape-ecological approach. The authors have developed the measures aimed at reducing the degradation processes and preventing their development (for instance, they include the use of phytomeliorative crop rotations in areas with low and medium degree of swamp formation; conservation of land in heavily waterlogged territories; brush-clearing and introduction of cultivated vegetation in shrubby areas, etc.). The developed map of environmental friendliness became the basis for the creation of measures aimed at modeling the agroecosystem within the boundaries of land use. The implementation of these measures will preserve the natural resource potential of lands in the studied territory, eliminate negative processes leading to soil degradation, restore and improve their fertility and quality. In agricultural lands the implementation of the proposed measures will allow increasing the yield of agricultural products.

Key words: land monitoring, shrubbing of the territory, waterlogging of the territory, soil salinization, landscape-ecological zoning, environmental friendliness of the territory

For citation: Simakova T.V., Simakov A.V., Ivanova A.D. Monitoring of reclaimed lands using the landscape-ecological approach. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(3):112-127. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_112-127.

Введение
Земля является важнейшим базисом производства и жизнедеятельности человека во всех отраслях народного хозяйства [14, 16]. Основным природным элементом в земельных ресурсах является почва – важнейший в жизни элемент на всей планете, поскольку именно этот ресурс позволяет удовлетворять физические, духовные и материальные потребности человека [17, 18].

В современных условиях в ряде стран земельные ресурсы не сохранили свой природный потенциал или частично его утратили вследствие нерационального использования и возрастающей антропогенной нагрузки [15, 19]. Все чаще человек сталкивается с проблемами в организации использования земель, вызванными проявлением деградиционных процессов, развитием антропогенной деятельности, что в совокупности приводит к дисбалансу процесса их естественного восстановления [3, 11]. Одним из элементов естественного восстановления природных ресурсов выступают средостабилизирующие территории (водные объекты, леса, болота и др.), которые, к сожалению, на современном этапе находятся в состоянии экологической напряженности [12, 13].

Актуальность исследований обусловлена необходимостью проведения мониторинга земель как инструмента контроля и диагностики состояния земель сельскохозяйственного назначения на мелиорируемых землях. Применение ландшафтно-экологического подхода позволяет получить сведения о состоянии и использовании таких земель с учетом ландшафтной уникальности территории и применять комплексные данные для разработки и внедрения мероприятий по сохранению природно-ресурсного потенциала [15].

Материалы и методы

С целью формирования рационального использования земель разработана методика оценки мелиорируемых земель с применением следующих методов:

1) ландшафтно-экологического зонирования территории – для формирования зоны с учетом вида разрешенного использования, фактического хозяйственного освоения, определения режима использования земель, их экологического состояния и ограничения их использования для сохранения или восстановления;

2) дешифрирования аэроснимков – позволяет уточнять границы развивающихся деградиционных процессов, устанавливать границы и площади земель, подверженных загрязнению;

3) кластерного анализа (метод Варда) – группирует показатели, полученные в ходе мониторинга по ряду признаков с целью получения однородных групп кластеров;

4) моделирования – применялся при разработке тематических карт по результатам проведенного мониторинга [16].

В исследованиях использован комплексный подход сбора, учета, оценки информации о мелиорируемых землях (рис. 1).

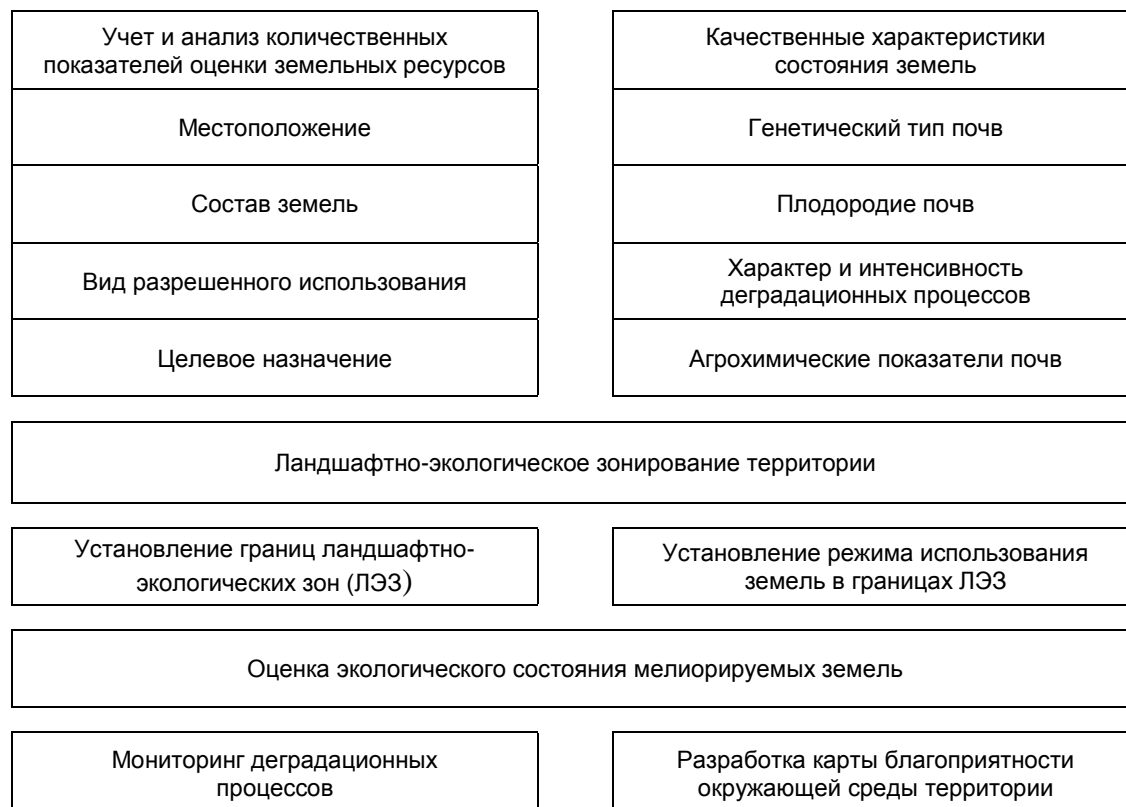


Рис. 1. Методика проведения мониторинга мелиорируемых земель

Разработанная методика позволяет оценить фактическое состояние мелиорируемых земель, установить уровень экологической напряженности, провести оценку ущерба от проявления деградационных процессов и разработать карту благоприятности окружающей среды исследуемой территории.

Использование ландшафтно-экологического подхода направлено на сохранение природных и ландшафтных особенностей территории, оценку ее экологического состояния, что является основой для разработки модели рационального использования земельных ресурсов [16].

Результаты и их обсуждение

Объектом исследования выступает территория Тарманского болотного массива Тюменской области (Россия) – уникальное природное образование, где массивы болот занимают только 50% от общей площади, треть территории занята лесами, лугами, пригодными для сельскохозяйственного использования [2, 4, 5].

Исследуемая территория представлена частью Тарманского болотного массива, расположенного в границах Тарманского сельского поселения. Поверхность болот имеет уклон к р. Тура в направлении с северо-запада на юго-восток [6, 7]. Площадь Тарманского болотного массива в границах Тарманского сельского поселения составляет 10975,48 га [8, 9].

В ходе исследования проведен анализ изменения земель Тарманского сельского поселения по состоянию на 2015 и 2022 гг. (рис. 2).

Из данных рисунка 2 видно, что наибольшие изменения площадных показателей за рассматриваемый период отмечаются на землях сельскохозяйственного назначения (19,5%), а наименьшие – на землях лесного фонда (0,04%), площадь земель населенных пунктов и земель промышленности и иного специального назначения не изменилась.

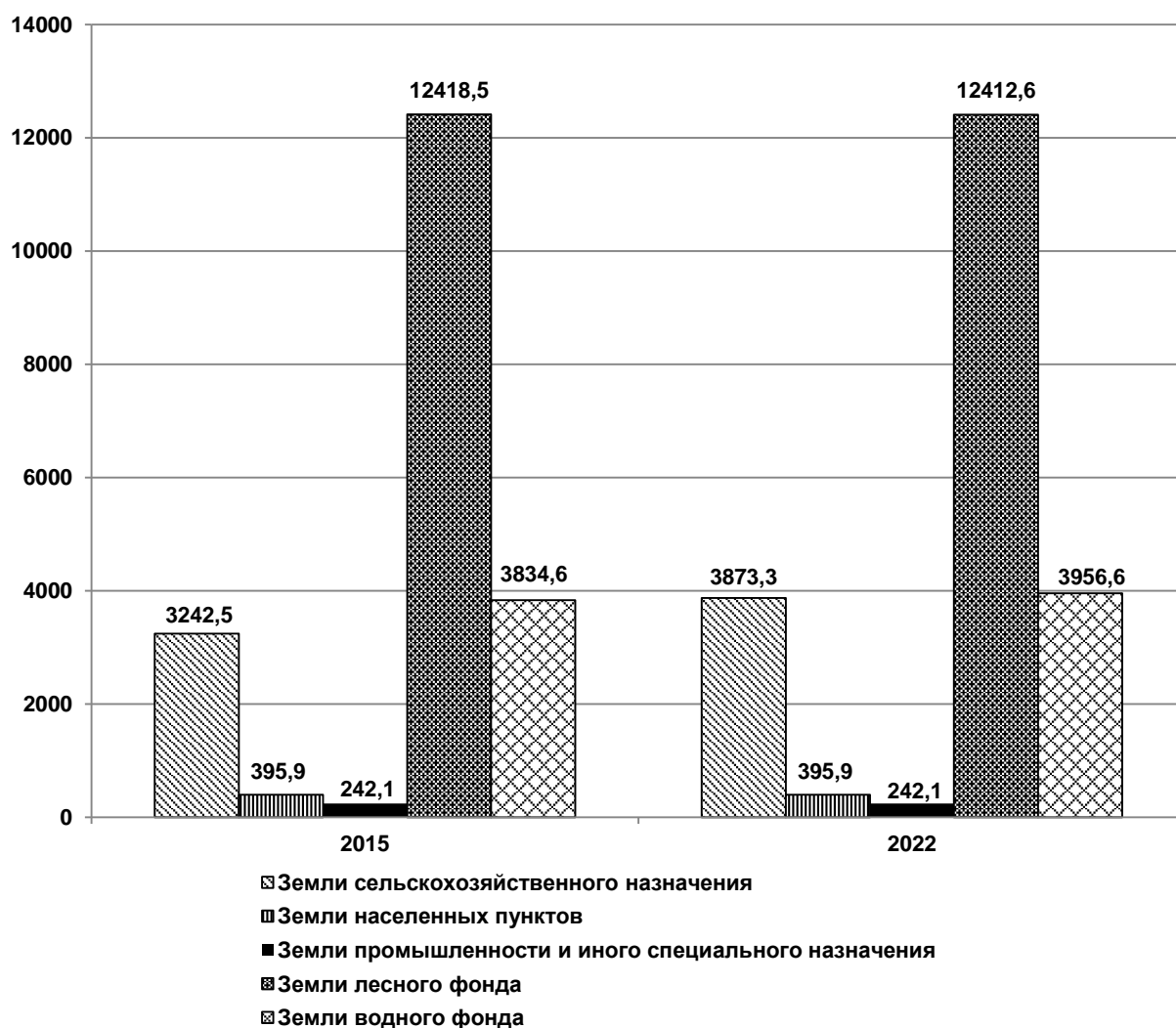


Рис. 2. Динамика распределения земель Тарманского сельского поселения по категориям, га

На территории Тарманского сельского поселения расположено два населенных пункта: с. Средние Тарманы и д. Нижние Тарманы общей площадью 395,9 га, из которых 60,31 га приходится на территорию Тарманского болотного массива.

В границах Тарманского сельского поселения, несмотря на особенные условия территории, достаточно хорошо развито сельское хозяйство. Отраслевая специализация исследуемой территории представлена крестьянскими (фермерскими) хозяйствами: К(Ф)Х «Анис», К(Ф)Х «Рубин», К(Ф)Х «Черкон» и др.

При проведении исследований разработана почвенная карта территории Тарманского сельского поселения Нижнетавдинского района, на которой приведены данные по составу почв (рис. 3).

Наибольшую площадь занимает разновидность болотных низинных торфяных на глубоких торфах почв – 18161,71 га (89,70% от всей исследуемой территории). Почвы представленного типа сформированы по более глубоким бессточным котловинам и заболоченным понижениям, мощность торфяного слоя – более 200 см.

На самых высоких дренированных участках сформировались подзолистые слабо-дифференцированные почвы, имеющие слабые типовые признаки, площадь распространения данного типа почв на территории Тарманского сельского поселения составляет 2017,13 га (9,96%).

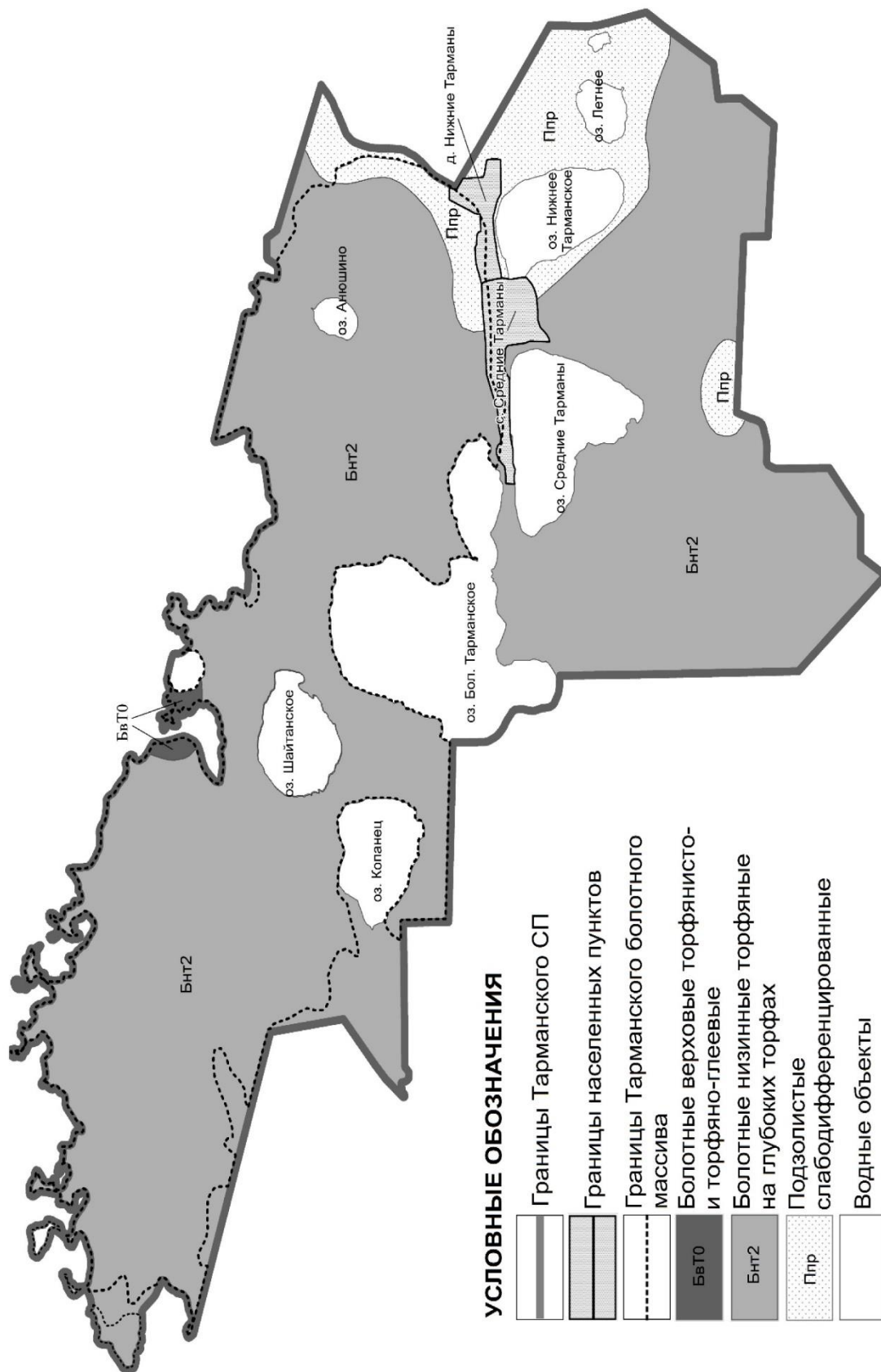


Рис. 3. Почвенная карта Тарманского сельского поселения

Содержание гумуса и основные качественные показатели исследуемых почв представлены в таблице 1.

Таблица 1. Качественные показатели почв Тарманского сельского поселения

Наименование почвенной разности	Содержание гумуса, %	NPK, мг/кг		
		NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O ₅
Б _В ^{Т₀} – болотные верховые торфянисто-и торфяно-глеевые	13,5	4,0	2,0	5,0
Б _Н ^{Т₂} – болотные низинные торфяные на глубоких торфах	16,5	4,0	2,5	6,0
П ^{Пр} – подзолистые слабодифференцированные	1,0	1,3	2,5	2,8

Содержание основных элементов питания в исследуемых почвах варьирует в широких пределах:

- содержание гумуса – от 1,0 до 16,5%;
- нитратного азота – от 1,3 до 4,0 мг/кг;
- калия – от 2,8 до 6,0 мг/кг.

В целом необходимо отметить, что качественные характеристики плодородия почв исследуемой территории отвечают требованиям, предъявляемым к землям сельскохозяйственного назначения.

По результатам проведенной экологической оценки состояния земель исследуемой территории в границах Тарманского СП установлено развитие таких деградационных процессов, как закустаривание и заболачивание. Составлены карты, на которых наглядно представлены территории, подверженные закустариванию и заболачиванию, а также диаграммы, представляющие эти процессы количественно (рис. 4–7).

Процессы закустаривания на исследуемой территории отмечены на площади 7376,38 га (рис. 4).

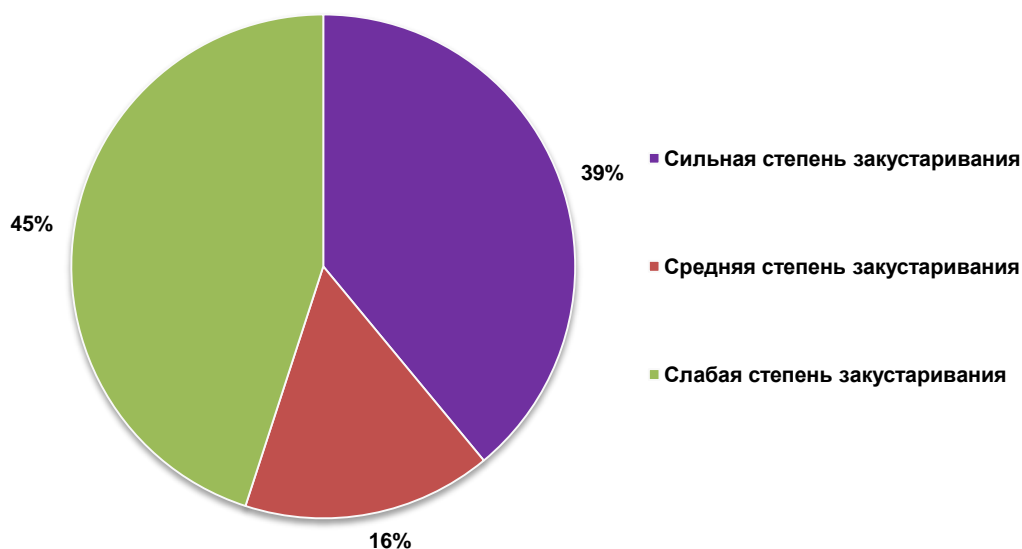


Рис. 4. Закустаривание территории Тарманского сельского поселения

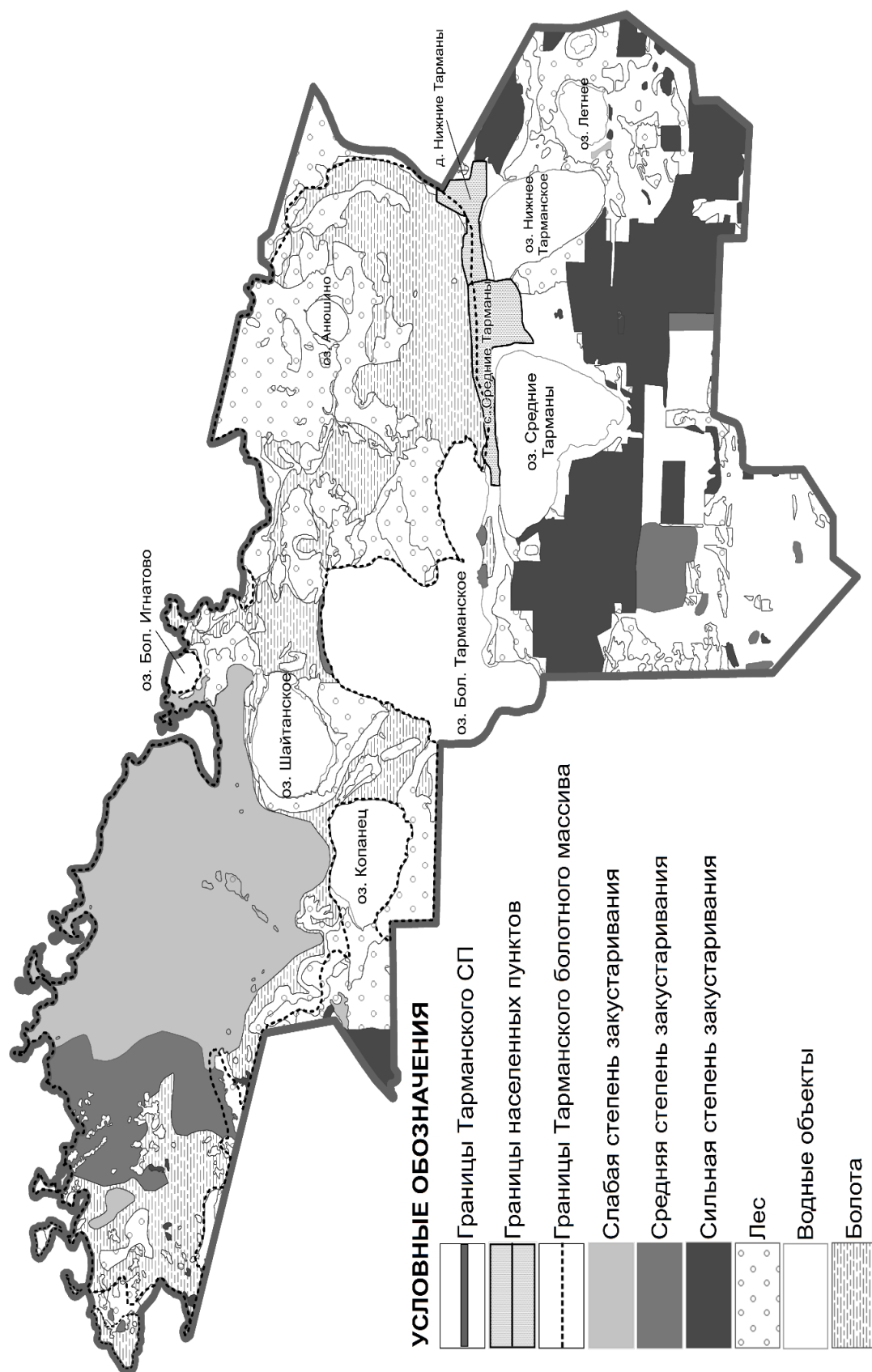


Рис. 5. Закустаривание территории Тарманского СП

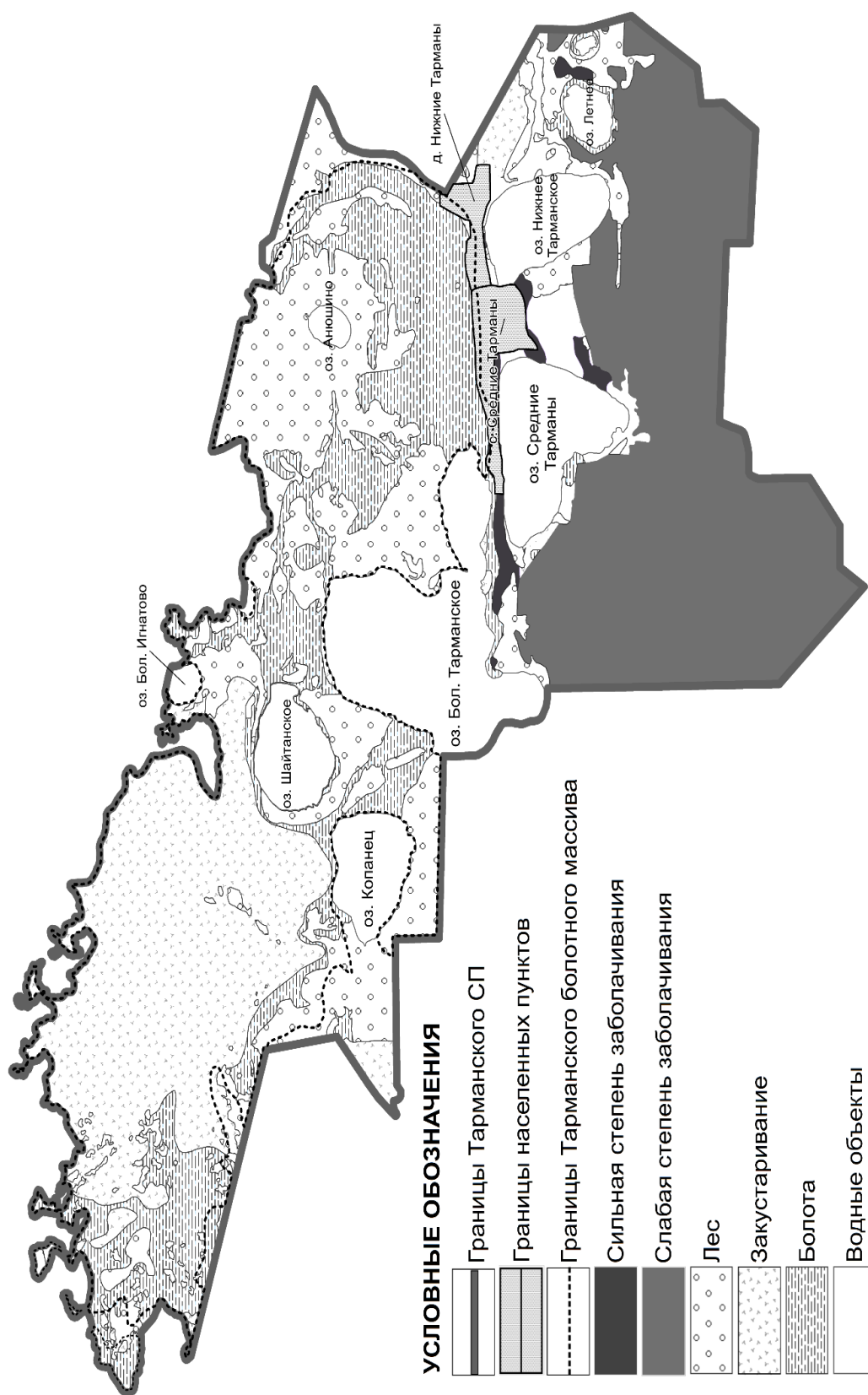


Рис. 6. Заболачивание территории Тарманского сельского поселения

Из данных, представленных на рисунке 5, видно, что залесение территории наблюдается в центральной части землепользования, закустаривание территории выделено в южной и северо-западной частях. Таким образом, на территории Гарманского СП наибольшая площадь подвержена слабой степени закустаривания – 3302,11 га (45%), наименьшая – средней степени закустаривания – 1199,58 га (16%).

Процессы заболачивания проявляются в южной части землепользования и отмечены на землях сельскохозяйственного назначения (рис. 6).

Сильно и слабо заболоченные земли исследуемой территории занимают площадь 6176,65 га, их количественное соотношение представлено на рисунке 7.



Рис. 7. Количественное соотношение заболоченных земель на территории Гарманского СП

По рисунку 7 видно, что наибольшая площадь подвержена заболачиванию слабой степени – 5776,80 га (93%), площадь, подверженная сильной степени, занимает 399,85 га, а земли средней степени заболачивания отсутствуют на исследуемом участке. Заболачивание в границах Гарманского болотного массива представлено только в сильной степени и составляет около 50 га. Таким образом, общая площадь влияния деградационных процессов составила 13553,03 га.

В Тюменской области в 2000–2001 гг. были зарегистрированы случаи заболевания гаффской болезнью у населения после употребления в пищу карасей, выловленных из осушительных каналов и озер Тарманской группы в западной части Тарманского болотно-озерного комплекса озер: Среднее Тарманское, Большое Тарманское, Копанец и Шайтанское. Серьезная вспышка зарегистрирована в 2019 г. В связи с этим при проведении обследований территории Тарманского болотного массива и Тарманского сельского поселения особое внимание было уделено процессам развития заболачивания и изменения береговых линий озер.

Гидрография Тарманского сельского поселения представляет собой множество озер общей площадью 3909,81 га. В ходе исследований проведен анализ изменения границ береговых линий водных объектов, расположенных на исследуемой территории. Использованы данные обследований, проведенных в 1984, 2009, 2015 и 2022 гг.

Анализировали изменения границ береговых линий следующих озер:

- Шайтанское;
- Копанец;
- Большое Тарманское;
- Большое Игнатово;
- Анюшино;
- Средние Тарманы;
- Нижнее Тарманское;
- Летнее (рис. 8).

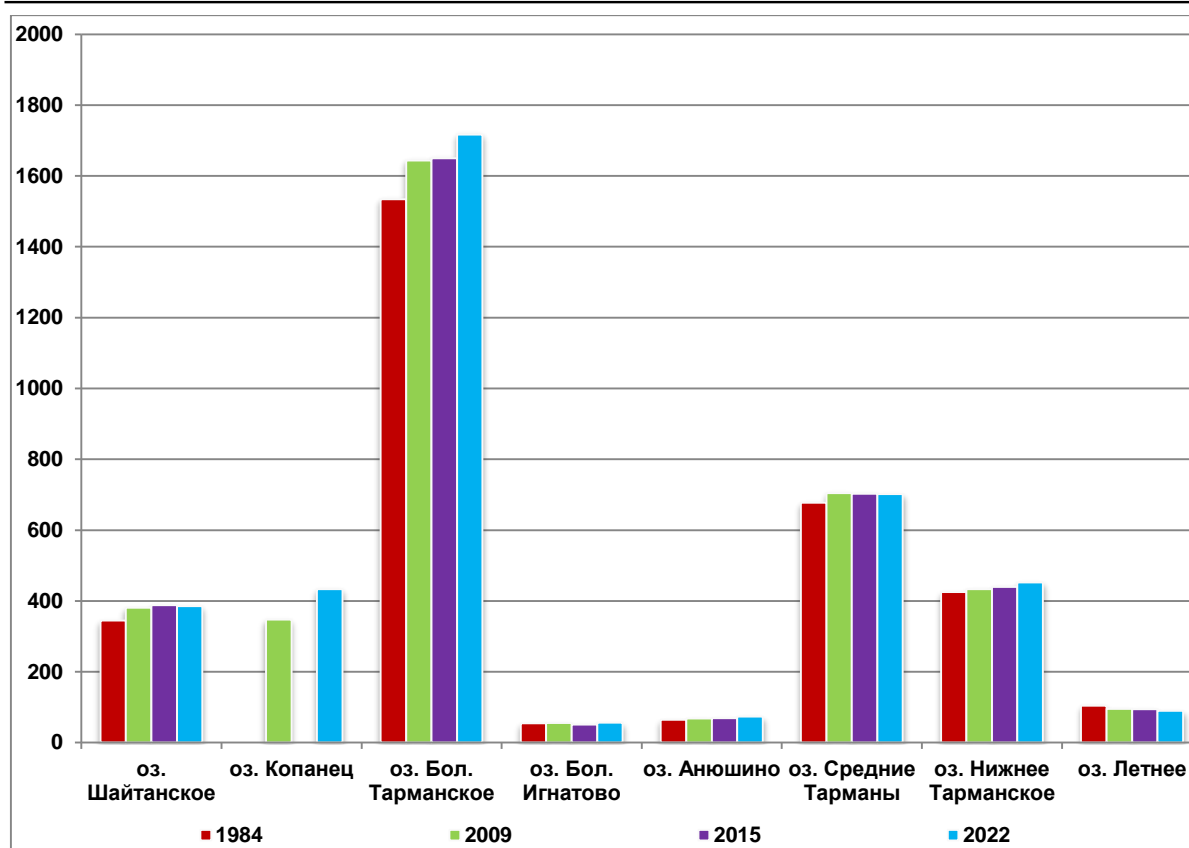


Рис. 8. Динамика изменения границ водных объектов Тарманского сельского поселения

В результате анализа установлено, что границы береговых линий за весь рассматриваемый период увеличились на 8% (288,81 га). Наибольшие площадные колебания отмечены в период с 1984 по 2009 г., а с 2015 по 2022 г. ситуация становится более стабильной. Самым ярким примером колебательного процесса является озеро Большое Тарманское, изменение его границ за рассматриваемый период составило 12% (183 га).

Земельные массивы, сформированные на территории Тарманского сельского поселения под воздействием различных факторов и биологических процессов, уникальны, поэтому для сохранения их свойств и обеспечения охраны земельных угодий разрабатывается ландшафтно-экологическое зонирование.

Выделение ландшафтно-экологических зон обеспечивает формирование многофункциональной системы использования земель и регламентацию режимов их использования. Это дает возможность стабилизировать экологическую ситуацию и повысить экономическую эффективность хозяйственной деятельности в силу улучшения протекания естественных биологических процессов [12].

Проведенное ландшафтно-экологическое зонирование территории Тарманского сельского поселения позволяет проанализировать организацию использования земель и обеспечить охрану земельных угодий. Для улучшения экологической ситуации и создания условий благоприятного функционирования земель выделены зоны, представленные на рисунке 9.

В результате проведенного ландшафтно-экологического зонирования установлено, что наибольшей является доля, которую занимает средостабилизирующая зона площадью 18731,83 га (47,02%), обеспечивающая воспроизводство жизнеспособности территории, в нее вошли леса первой группы, болота и озера.

Наименьшей является доля зоны рекреации, расположенной в границах населенного пункта, ее площадь составляет 6,6 га (0,03% от суммарной площади исследуемой территории).

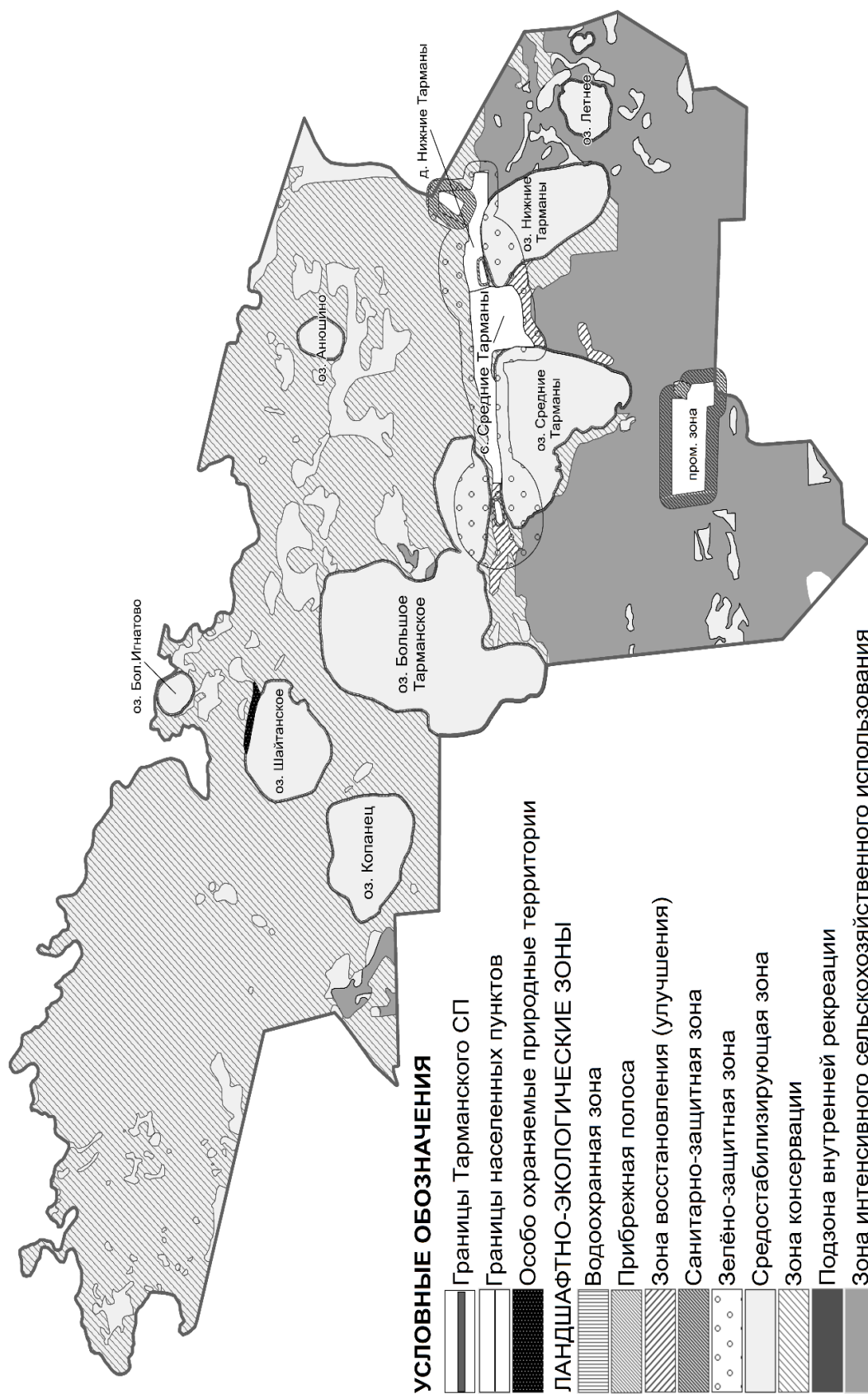


Рис. 9. Карта ландшафтно-экологического зонирования Тарманского сельского поселения

Проведенное ландшафтно-экологическое зонирование территории Тарманского сельского поселения позволило установить следующие ландшафтно-экологические зоны (кроме отмеченных выше):

- зона интенсивного сельскохозяйственного использования, представлена участками, которые не подвержены негативным процессам и, как следствие, пригодны для ведения любого вида сельскохозяйственного производства, суммарная площадь зоны составляет 6524,51 га (16,38%);

- зона восстановления (улучшения), представлена сильнозаболоченными земельными участками, суммарная площадь которых составляет 174,35 га (0,44%);

- водоохранная зона, общая площадь которой составляет 149,99 га (0,38%), в границах исследуемого Тарманского сельского поселения распространяется на территории, находящиеся на расстоянии 50 м от береговой линии озер;

- прибрежная зона, общая площадь которой составляет 221,08 га (0,55%), в границах Тарманского сельского поселения распространяется на территории, находящиеся на расстоянии 30 м от водных объектов;

- зеленая защитная зона, общая площадь которой составляет 1029,98 га (2,59%), представлена лесами и лесопарками естественного и искусственного происхождения, сформирована вокруг населенных пунктов с. Средние Тарманы – 300 м, д. Нижние Тарманы – 250 м, а также объектов специального назначения, расположенных вблизи водоемов на расстоянии 1000 м;

- санитарно-защитная зона, общая площадь которой составляет 329,17 га (0,82%), формируется для снижения негативного влияния со стороны таких объектов, как кладбища, промышленные территории, распространяется на земельные ресурсы, находящиеся на расстоянии соответственно не менее 50 и 300 м от этих объектов;

- зона особо охраняемых природных территорий, общей площадью 30 га (0,07%), представлена Государственным памятником природы регионального значения «Липняк Шайтанский», расположенным на севере Тарманского сельского поселения;

- зона консервации, общая площадь которой составляет 12641,52 га (31,73%), представлена болотами, на которых происходит восстановление земельных угодий естественным путем.

На основании результатов выполненного исследования проведена группировка земель территории Тарманского сельского поселения, подверженных деградационным процессам.

С учетом данных проведенной группировки и выполненного мониторинга состояния исследуемой территории выделены следующие кластеры:

I – зона благоприятной ситуации, в которую включены земли, подверженные слабой степени закустаривания и заболачивания, земли, занятые сенокосами. Общая площадь составляет 4416,67 га;

II – зона относительно благоприятной ситуации, в состав которой входят земли, подверженные средней степени закустаривания и заболачивания. Общая площадь составляет 5617,89 га;

III – зона неблагоприятной экологической ситуации, в состав которой входят земли, подверженные сильной степени закустаривания и заболачивания. Общая площадь составляет 3189,11 га;

IV – зона особо неблагоприятной ситуации, в состав которой входят земли, на которых совместно проявляются сильная и слабая степени закустаривания и заболачивания или же средние и сильные степени негативных процессов, проявляемые совместно. Общая площадь составляет 2948,72 га.

По представленным кластерам составлена карта благоприятности окружающей среды территории Тарманского сельского поселения Нижнетавдинского района Тюменской области (рис. 10).

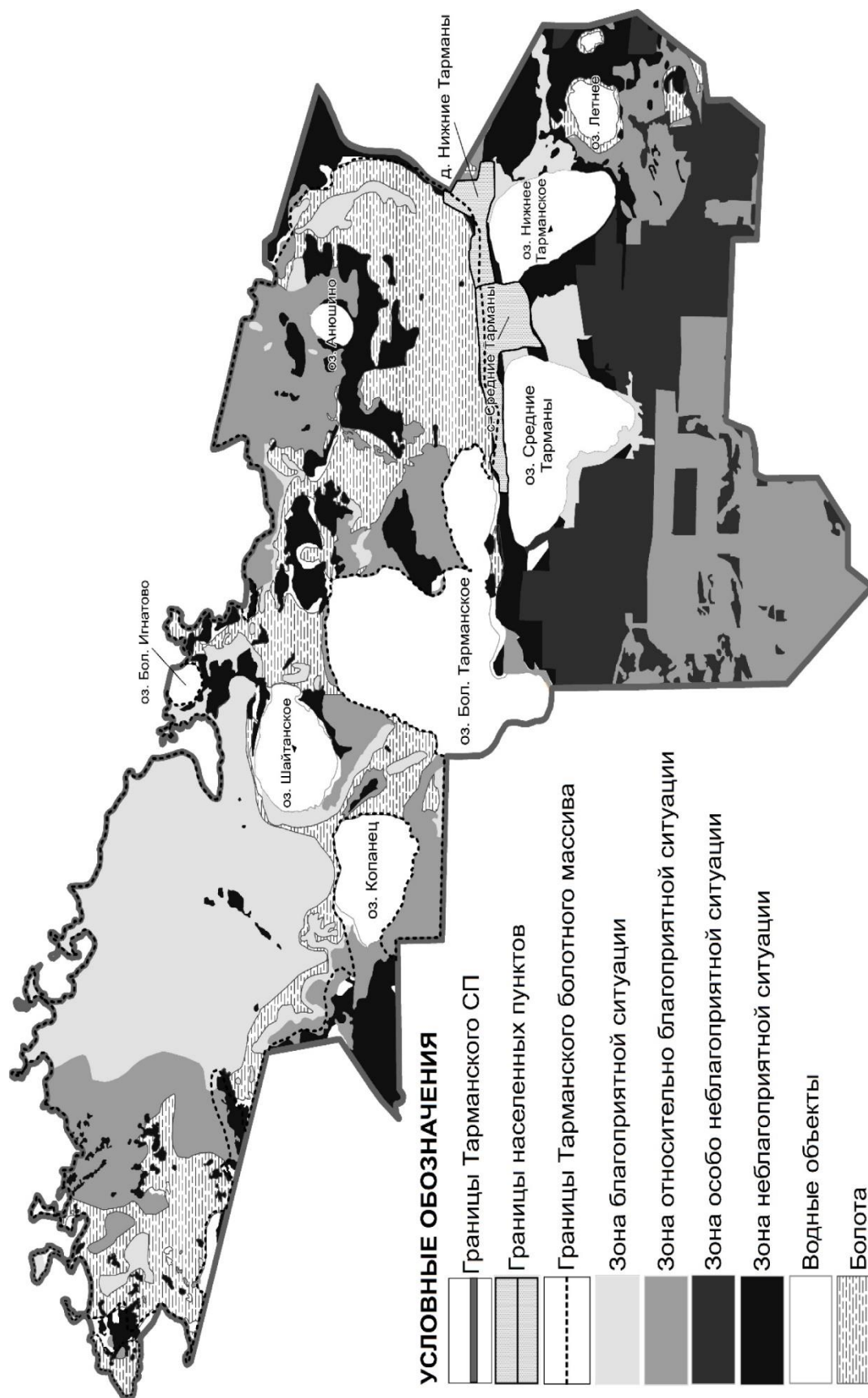


Рис. 10. Карта благоприятности окружающей среды территории Тарманского сельского поселения Нижнетавдинского района Тюменской области

Процентное соотношение территории по благоприятности окружающей среды Тарманского сельского поселения Нижнетавдинского района приводится на рисунке 11.

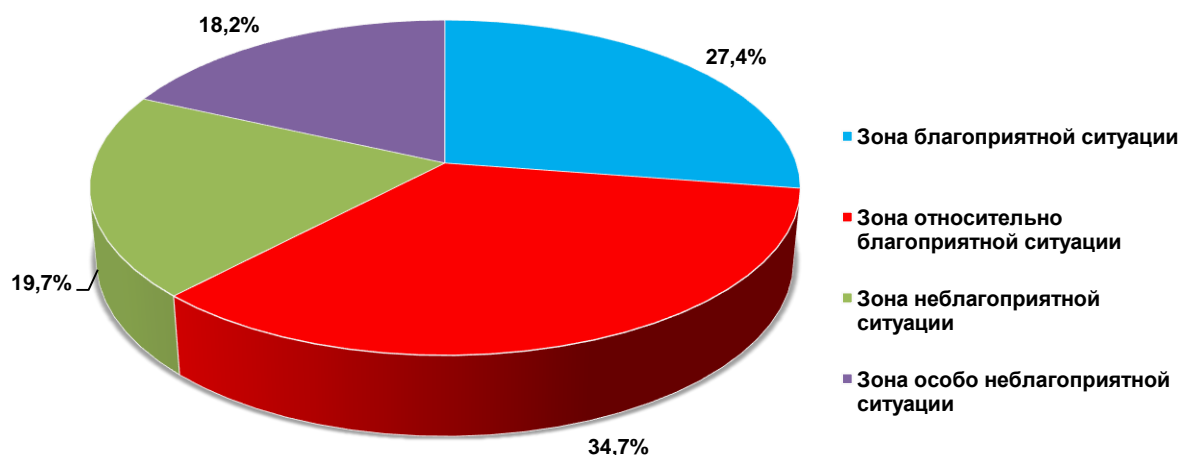


Рис. 11. Зонирование благоприятности окружающей среды территории Тарманского сельского поселения Нижнетавдинского района

По проведенному кластерному анализу можно сделать вывод, что большая часть исследуемой территории входит в зону относительно благоприятной экологической ситуации, составляет 5617,89 га (34,7%) от общей площади и находится в основном в северной части.

Наименьшую площадь занимает зона особо неблагоприятной ситуации – 2948,72 га (18,2%), находится в юго-восточной части исследуемой территории.

Выводы

Изучены методы проведения мониторинга земель, в результате которого проанализировано состояние почвы как важнейшего компонента сложившейся агроэкосистемы.

Проведена группировка земель территории Тарманского сельского поселения, подверженных деградационным процессам, составлена карта благоприятности окружающей среды территории.

Сформированы кластеры, которые определены с учетом ландшафтно-экологического подхода и на основании проведенного анализа исследуемой территории по качественным и количественным показателям.

Разработаны мероприятия, направленные на снижение и предотвращение развития деградационных процессов по выделенным зонам:

- зона I – на территориях, подверженных средней степени заболачивания, необходимо введение четырехпольного фитомелиоративного севооборота, на сильнозаболоченных территориях предусмотрена консервация земель;

- зона II – на территории зоны при ведении сельского хозяйства необходима разработка и внедрение соответствующих систем севооборотов, на закустаренных территориях необходимы расчистка и внедрение культурной растительности;

- зона III – на территориях, подверженных деградационным процессам, необходимо внедрять фитомелиоративные севообороты, в том числе на территориях, подверженных слабой степени заболачивания;

- зона IV – на территории зоны при ведении сельского хозяйства необходимо использовать современные агротехнические приемы обработки почвы и проводить лесомелиоративные работы [1, 10].

На землях сельскохозяйственного назначения реализация предложенных мероприятий позволит увеличить выход сельскохозяйственной продукции.

Список источников

1. Богославчик П.М., Батюшко О.А., Селезнев В.И. и др. Современный опыт проектирования объектов мелиорации и реконструкции мелиоративных систем // Наука и техника. 2014. № 5. С. 67–74.
2. Болота Западной Сибири, их строение и гидрологический режим: монография; под ред. К.Е. Ивановой, С.М. Новиковой. Ленинград: Гидрометеиздат, 1976. 447 с.
3. Бурлаенко В.З., Скипин Л.Н., Захарова Е.В. и др. Мониторинг радиационного загрязнения природной среды юга Тюменской области: монография. Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2020. 160 с.
4. Инищева Л.И., Моторин А.С. Происхождение торфяных болот и их многофункциональная роль: учебное пособие. Томск: Томский центр научно-технической информации, 2000. 60 с.
5. Моторин А.С. Научные основы мелиорации и использование осушаемых торфяных почв в Западной Сибири // Плодородие почв и оценка продуктивности земледелия: матер. научно-производственной конференции с международным участием (Тюмень, 16–20 июля 2018 г.). Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2018. С. 100–112.
6. Моторин А.С. Плодородие торфяных почв Западной Сибири // Мелиорация и водное хозяйство. 2020. № 1. С. 16–22.
7. Моторин А.С. Торфяные почвы Западной Сибири и их плодородие: монография. Новосибирск: Наука, 2019. 336 с.
8. Моторин А.С., Федченко Д.К., Покотило А.С. Тепловой режим осушаемых торфяных почв Тюменской области и приемы его регулирования. Пушино: Наука, 1980. 141 с.
9. Новохатин В.В. Мелиорация болотных ландшафтов Западной Сибири: монография. Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2008. 200 с.
10. Скипин Л.Н., Гаевая Е.В., Тарасова С.С. Реакция семян культур-фитомелиорантов при условии природного и техногенного засоления почв и грунтов // Аграрный вестник Урала. 2023. № 02(231). С. 30–40. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-231-02-30-40.
11. Телицын В.Л., Ваймер А.А. Гидроморфные и полугидроморфные почвы геосистем Западной Сибири и их рациональное использование. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. 230 с.
12. Телицын В.Л. Техногенная эволюция и оптимальное использование почв болотных систем. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. 264 с.
13. Тomin Ю.А., Мажайский Ю.А., Карпов А.Н. и др. Мероприятия по охране торфяных почв сельскохозяйственного назначения // Мелиорация и водное хозяйство. 2016. № 4. С. 36–37.
14. Chernykh E.G., Bogdanova O.V., Sizov A.P., Simakova T.V. Assessment of Media-Forming Potential of the Territory in the Implementation of the Lands // Advances in Intelligent Systems and Computing: VIII International Scientific Siberian Transport Forum. 2020. Vol. 1116. Pp. 577–588. DOI 10.1007/978-3-030-37919-3_58.
15. Iglavikov A., Motorin A. Composition of organic matter in peat soils of the northern Trans-Urals depending on groundwater level // E3S Web of Conferences: Innovative Technologies in Environmental Science and Education, ITESE-2019 (Divnomorskoe village, September 09–14, 2019). EDP Sciences, 2019. Vol. 135. Article no. 01004. DOI 10.1051/e3sconf/201913501004.
16. Simakova T., Simakov A. Monitoring of the condition and use of land in settlements (on the example of the city of Tchaikovsky, Perm Krai) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International scientific conference on fundamental and applied scientific research in the development of agriculture in the Far East, AFE 2021 (Ussurijsk, June 20–21, 2021). IOP Publishing Ltd., 2021. Vol. 937. Article no. 042039. DOI: 10.1088/1755-1315/937/4/042039.
17. Simakova T., Simakov A., Tolstov V. et al. The Assessment of Land Pollution by Oil Products in the Vicinity of the Operating Oil Pipeline in the Territory of the Sverdlovsk Region // Journal of Ecological Engineering. 2021. Vol. 22(10). Pp. 14–18. DOI: 10.12911/22998993/142273.
18. Simakova T.V., Simakov A.V., Starovoitova E.S. et al. Formation of a sustainable system is the basis of rational land use managements // Espacios. 2019. Vol. 40(20). P. 19.
19. Skipin L., Gaevaya E., Tarasova S. Testing Rhizobia for Natural and Anthropogenic Saline Soils and Subsoils // Journal of Ecological Engineering. 2021. Vol. 22(5). Pp. 139–142. DOI 10.12911/22998993/135860.

References

1. Bogoslavchik P.M., Batiushko O.A., Seleznev V.I. et al. Sovremennyy opyt proektirovaniya ob'ektov melioratsii i rekonstruksii meliorativnykh sistem [Modern design experience of melioration facilities and renovation of meliorative systems]. *Nauka i tekhnika = Science & Technique*. 2014;5:67-74. (In Russ.)
2. Bolota Zapadnoj Sibiri, ikh stroenie i gidrologicheskij rezhim: monografiya; pod red. K.E. Ivanovoj, S.M. Novikovoj [Marsh lands of Western Siberia, their structure and hydrological regime: monograph; edited by K.E. Ivanova, S.M. Novikova]. Leningrad: Hydrometeoizdat; 1976. 447 p. (In Russ.)
3. Burlaenko V.Z., Skipin L.N., Zakharova E.V. et al. Monitoring radiatsionnogo zagryazneniya prirodnoj sredy yuga Tyumenskoj oblasti: monografiya [Monitoring of radiation pollution of the natural environment of the south of Tyumen region: monograph]. Tyumen: Tyumen Industrial University Press; 2020. 160 p. (In Russ.)
4. Inishcheva L.I., Motorin A.S. Proiskhozhdenie torfyanykh bolot i ikh mnogofunktsional'naya rol': uchebnoe posobie [The origin of peat mosses and their multifunctional role: textbook]. Tomsk: Tomsk Research & Technical Information Centre; 2000. 60 p. (In Russ.)
5. Motorin A.S. Nauchnye osnovy melioratsii i ispol'zovanie osushaemykh torfyanykh pochv v Zapadnoj Sibiri [Scientific foundations of land reclamation and the use of drained peat mosses in Western Siberia]. Plodorodie pochv i otsenka produktivnosti zemledeliya: materialy nauchno-proizvodstvennoj konferentsii s

mezhdunarodnym uchastiem (Tyumen', 16-20 iyulya 2018 g.) [Soil fertility and assessment of agricultural productivity: Proceedings of Research and Production Conference with International Participation (Tyumen, July 16-20, 2018)]. Tyumen: Northern Trans-Ural State Agricultural University Press; 2018:100-112. (In Russ.).

6. Motorin A.S. Plodorodie torfyanykh pochv Zapadnoj Sibiri [Fertility of peat soils in Western Siberia]. *Melioratsiya i vodnoe khozyajstvo = Melioration and Water Management*. 2020;1:16-22. (In Russ.).

7. Motorin A.S. Torfyanye pochvy Zapadnoj Sibiri i ikh plodorodie: monografiya [Peat soils in Western Siberia and their fertility: monograph]. Novosibirsk: Nauka Press; 2019. 336 p. (In Russ.).

8. Motorin A.C., Fedchenko D.K., Pokotilo A.S. Teplovoj rezhim osushaemykh torfyanykh pochv Tyumenskoj oblasti i priemy ego regulirovaniya [Thermal regime of drained peat soils of Tyumen region and methods of its regulation]. Pushchino: Nauka Press; 1980. 141 p. (In Russ.).

9. Novokhatin V.V. Melioratsiya bolotnykh landshaftov Zapadnoj Sibiri: monografiya [Reclamation of peat landscapes of Western Siberia: monograph]. Tyumen: Tyumen State University Press; 2008. 200 p. (In Russ.).

10. Skipin L.N., Gaevaya E.V., Tarasova S.S. Reaktsiya semyan kul'tur-fitomeliorantov pri uslovii prirodno i tekhnogennogo zasoleniya pochv i gruntov [The reaction of seeds of phytomeliorant crops under the condition of natural and technogenic salinization of soils and earth]. *Agrarnyj vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023;02(231):30-40. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-231-02-30-40. (In Russ.).

11. Telitsyn V.L., Vaymer A.A. Gidromorfnye i polugidromorfnye pochvy geosistem Zapadnoj Sibiri i ikh ratsional'noe ispol'zovanie [Hydromorphic and semi-hydromorphic soils of geosystems of Western Siberia and their rational use]. Novosibirsk: Publishing House of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; 2005. 230 p. (In Russ.).

12. Telitsyn V.L. Tekhnogennaya evolyutsiya i optimal'noe ispol'zovanie pochv bolotnykh sistem [Technogenic evolution and optimal use of soils of swamp systems]. Novosibirsk: Publishing House of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; 2004. 264 p. (In Russ.).

13. Tomin Yu.A., Mazhaysky Yu.A., Karpov A.N. et al. Meropriyatiya po okhrane torfyanykh pochv sel'skokhozyajstvennogo naznacheniya [Actions for protection of peat soils of agricultural purpose]. *Melioratsiya i vodnoe khozyajstvo = Melioration and Water Management*. 2016;4:36-37. (In Russ.).

14. Chernykh E.G., Bogdanova O.V., Sizov A.P., Simakova T.V. Assessment of Media-Forming Potential of the Territory in the Implementation of the Lands. *Advances in Intelligent Systems and Computing: VIII International Scientific Siberian Transport Forum*. 2020;1116:577-588. DOI 10.1007/978-3-030-37919-3_58.

15. Iglovikov A., Motorin A. Composition of organic matter in peat soils of the northern Trans-Ural depending on groundwater level. *E3S Web of Conferences: Innovative Technologies in Environmental Science and Education, ITESE-2019 (Divnomorskoe village, September 09-14, 2019)*. EDP Sciences; 2019;135:01004. DOI 10.1051/e3sconf/201913501004.

16. Simakova T., Simakov A. Monitoring of the condition and use of land in settlements (on the example of the city of Tchaikovsky, Perm Krai). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International scientific conference on fundamental and applied scientific research in the development of agriculture in the Far East, AFE 2021 (Ussurijsk, June 20–21, 2021)*. IOP Publishing Ltd.; 2021;937:042039. DOI: 10.1088/1755-1315/937/4/042039.

17. Simakova T., Simakov A., Tolstov V. et al. The Assessment of Land Pollution by Oil Products in the Vicinity of the Operating Oil Pipeline in the territory of Sverdlovsk Region. *Journal of Ecological Engineering*. 2021;22(10):14-18. DOI: 10.12911/22998993/142273.

18. Simakova T.V., Simakov A.V., Starovoitova E.S. et al. Formation of a sustainable system is the basis of rational land use managements. *Espacios*. 2019;40(20):19.

19. Skipin L., Gaevaya E., Tarasova S. Testing Rhizobia for Natural and Anthropogenic Saline Soils and Subsoils. *Journal of Ecological Engineering*. 2021;22(5):139-142. DOI 10.12911/22998993/135860.

Информация об авторах

Т.В. Симакова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры землеустройства и кадастров ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья», simakovatv@gausz.ru.

А.В. Симаков – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры землеустройства и кадастров ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья», simakovav.22@ati.gausz.ru.

А.Д. Иванова – магистрант кафедры землеустройства и кадастров ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья», gulyaeva.ad.b23@ati.gausz.ru.

Information about the authors

T.V. Simakova, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Land Management and Cadastres, Northern Trans-Ural Agricultural University, simakovatv@gausz.ru.

A.V. Simakov, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Land Management and Cadastres, Northern Trans-Ural Agricultural University, simakovav.22@ati.gausz.ru.

A.D. Ivanova, Master's Degree Student, the Dept. of Land Management and Cadastres, Northern Trans-Ural Agricultural University, gulyaeva.ad.b23@ati.gausz.ru.

Статья поступила в редакцию 26.05.2023; одобрена после рецензирования 28.06.2023; принята к публикации 03.07.2023.

The article was submitted 26.05.2023; approved after reviewing 28.06.2023; accepted for publication 03.07.2023.

© Симакова Т.В., Симаков А.В., Иванова А.Д., 2023

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

Научная статья

УДК 631.41 (470.32)

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_3_128

EDN: TIXEPV

Возможные способы мелиорации почв при загрязнении радиоактивными изотопами

Надежда Сергеевна Горбунова^{1✉}, Елена Владимировна Куликова², Юрий Алексеевич Куликов³

¹Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

²Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия

³ООО «ИнфоБиС», Саратов, Россия

¹vilian@list.ru✉

Аннотация. Рассмотрены особенности сорбции органическим веществом и илистой фракцией черноземов естественных радиоактивных изотопов ^{40}K , ^{228}Th и ^{226}Ra с целью дальнейшего использования данных сорбционных способностей для мелиорации и восстановления радиоактивно загрязненных территорий. Для получения данных по сорбционным способностям органического вещества и илистой фракции к радиоактивным изотопам были проведены лабораторные исследования, в том числе модельные эксперименты, в которых определяли зависимости содержания гумуса, ^{40}K , ^{228}Th и ^{226}Ra и илистой фракции почв. Установлено, что наиболее интенсивное комплексобразование отмечается между органическим веществом и радиоактивными изотопами. Сорбционная способность илистой фракции черноземов к ^{40}K , ^{228}Th и ^{226}Ra значительно слабее. В черноземах под лесными насаждениями отмечается достоверно большее содержание радионуклидов. Явление обусловлено тем, что лесополосы являются биологическим барьером на пути пространственного перераспределения радиоизотопов, в том числе и естественного происхождения. Кроме того, интенсивное гумусонакопление под лесной растительностью способствует и более активной сорбционной способности органического вещества к радионуклидам. Биогенный фактор играет огромную роль в миграции ^{40}K , ^{228}Th и ^{226}Ra , а также создает пространственную неоднородность в распределении естественных радионуклидов. Исходя из полученных данных можно рекомендовать агролесомелиоративные мероприятия на почвах, подвергшихся радиоактивному загрязнению, для их частичного восстановления и предотвращения дальнейшей миграции радиоизотопов. Кроме того, исследования проводились в Каменно-степном опытном стационаре, который имеет статус заповедной территории, поэтому полученные данные можно использовать при мониторинговых исследованиях при оценке степени радиоактивного загрязнения территории.

Ключевые слова: сорбционная способность, естественные радионуклиды, удельная радиоактивность, органическое вещество черноземов, радиоактивные изотопы, калий, торий, радий

Для цитирования: Горбунова Н.С., Куликова Е.В., Куликов Ю.А. Возможные способы мелиорации почв при загрязнении радиоактивными изотопами // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 3(78). С. 128–135. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_128-135.

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

Original article

Possible methods of soil reclamation contaminated with radioactive isotopes

Nadezhda S. Gorbunova^{1✉}, Elena V. Kulikova², Yuriy A. Kulikov³

¹Voronezh State University, Voronezh, Russia

²Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

³InfoBiS LLC, Saratov, Russia

¹vilian@list.ru✉

Abstract. The authors consider the peculiarities of sorption of ^{40}K , ^{228}Th and ^{226}Ra natural radioactive isotopes by organic matter and clay fraction of chernozems with the aim of further use of these peculiarities for reclamation and restoration of radioactively contaminated areas. In order to obtain the data on the sorption capacity of organic matter and clay fraction for radioactive isotopes, laboratory studies were conducted, including simulation experiments, in which the dependences were determined between the content of humus, ^{40}K , ^{228}Th and ^{226}Ra and clay fraction of soils. It has been established that the most intensive complexation is observed between organic matter and radioactive isotopes. The sorption capacity of clay fraction of chernozems for ^{40}K , ^{228}Th , and ^{226}Ra is much weaker. Chernozems under forest plantations show a significantly higher content of radionuclides. This phenomenon is due to the fact that forest belts are a biological barrier to the spatial redistribution of radioisotopes, including those of natural origin. In addition, intense humus accumulation under forest vegetation also contributes to a higher sorption capacity of organic matter for radionuclides. The biogenic factor plays a huge role in the migration of ^{40}K , ^{228}Th and ^{226}Ra , and also creates spatial heterogeneity in the distribution of natural radionuclides. Based on the obtained data, it is possible to recommend agroforestry-enhancing measures on soils exposed to radioactive contamination for their partial restoration and

prevention of further migration of radioisotopes. In addition, studies were carried out in the Stone-Steppe Forest Experimental Station, which has the status of a conservation area, so the obtained data can be used in monitoring studies to assess the degree of radioactive contamination of the territory.

Key words: sorption capacity, natural radionuclides, specific radioactivity, organic matter of chernozems, radioactive isotopes, potassium, thorium, radium

For citation: Gorbunova N.S., Kulikova E.V., Kulikov Yu.A. Possible methods of reclamation of soils contaminated with radioactive isotopes. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(3):128-135. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_128-135.

Современное состояние биосферы в целом и аграрных ландшафтов в частности тесным образом связано с интенсивным развитием ядерной энергетики и вовлечением данной отрасли во все сферы жизнедеятельности, включая не только промышленность, но и медицину, сельское хозяйство [8, 16, 17]. Такое активное вовлечение, несомненно, сказывается на окружающей среде и приводит к увеличению содержания как искусственных, так и естественных радионуклидов [3, 4, 5, 8, 16, 17]. Безусловно, вследствие проведения регулярных ядерных испытаний, наиболее актуальным является вопрос о радиоактивном загрязнении окружающей среды и почв искусственными радионуклидами. Исследования по данному вопросу активно проводятся как в России, так и в зарубежных странах [1, 7, 9, 10, 11, 13].

В настоящее время все большую актуальность приобретает проблема рекультивации загрязненной территории путем различных мелиоративных приемов, в том числе лесомелиорации. В данном вопросе важной особенностью почв является то, что их органическое вещество и илистая фракция способны сорбировать радионуклиды и выступать в качестве биогеохимических барьеров на пути как радиальной, так и латеральной их миграции [1, 2, 12, 17]. Для восстановления окружающей среды необходимо иметь сведения о естественном, изначальном состоянии почв [6]. Следует отметить, что для радионуклидов нет единой системы нормирования, как, например, для тяжелых металлов и других загрязнителей. Кроме того, естественная радиоактивность присуща всем почвам, данное свойство они наследуют от почвообразующей породы [14].

По мнению ряда авторов, лесные экосистемы выступают биологическим барьером на пути латеральной миграции радионуклидов. Важной особенностью является то, что в лесных экосистемах главная роль принадлежит именно биогенной миграции радионуклидов, при этом водная миграция занимает подчиненное положение [15].

Для получения данных о естественной радиоактивности, которая не является следствием современного интенсивного развития ядерной энергетики, исследования проводились на заповедной территории, расположенной на достаточном удалении от всех возможных источников загрязнения. Таким участком послужило Каменно-степное опытное хозяйство, расположенное в Таловском районе Воронежской области. Отбор почвенного материала осуществлялся в черноземах под лесополосой № 40 и на залежи, расположенной в непосредственной близости от лесополосы. Залежь некосимая, была заложена в 1882 г. и официально имеет заповедный статус.

Цель исследования – установить естественную радиоактивность черноземов в почвах, имеющих заповедный статус; с помощью процессов моделирования изучить сорбционную способность органического вещества и илистой фракции к естественным радионуклидам; оценить возможность использования при мелиорации, в том числе агролесомелиорации, лесополос как естественного биохимического барьера на пути латеральной миграции радионуклидов.

Характер растительности этого участка – разнотравно-злаковый. В лесополосе растительность представлена различными древесными породами, при этом основной лесобразующей породой является дуб черешчатый (*Quercus robur*), его доля составляет 50%. Далее в порядке убывания представлены клен татарский (*Acer tataricum*), береза бородавчатая (*Betula pendula*) и вяз обыкновенный (*Ulmus laevis*).

С целью изучения основных физических и химических показателей черноземов, а также их естественной удельной радиоактивности проводился отбор почвенных образцов

сплошной колонкой каждые 5 см до глубины 50 см в 5-кратной повторности. В камеральных условиях, в лабораториях кафедры экологии и земельных ресурсов Воронежского государственного университета определяли гранулометрический состав методом пипетки по Н.А. Качинскому с обработкой почвы пирофосфатом натрия; углерод органических соединений почвы ($C_{орг.}$) – методом И.В. Тюрина в модификации В.Н. Симакова.

Для получения данных о естественной радиоактивности черноземов проведены радиометрические исследования с гамма-спектрометрическим анализом почвенных проб в лаборатории кафедры ядерной физики ВГУ на лабораторном низкофоновом гамма-спектрометрическом комплексе с германий-литиевым детектором, чувствительный объем которого составляет 85 см^3 . Калибровочная энергетическая характеристика спектрометра аппроксимирована в линейном приближении с учетом зависимости энергетического разрешения от энергии, что позволило идентифицировать исследуемые радионуклиды по пику полного поглощения гамма-излучения. Калибровка спектрометра по энергии гамма-квантов проводилась по многоэталонному изотопу ^{152}Eu с периодом полураспада 13,54 года. Эффективность регистрации устанавливалась методом калибровки с использованием специального программного обеспечения.

С целью получения модельных схем по интенсивности сорбции радионуклидов органическим веществом и илистой фракцией черноземов определяли зависимости между различным содержанием гумуса и удельной радиоактивностью черноземов. Результаты аналитических исследований обрабатывались статистически с использованием программ Statistika 6,0 и Microsoft Excel 2010.

Черноземы Каменно-степного опытного хозяйства сформировались на карбонатных покровных суглинках и глинах, свой тяжелый гранулометрический состав они унаследовали от них. В верхней части профиля доля частиц менее 0,01 мм в среднем составляет 52%, с глубиной их количество постепенно возрастает до 67%. Результаты гранулометрического исследования черноземов свидетельствуют о преобладании в них фракции размером 0,05–0,01 мм – крупнопылеватая, ее доля составляет 35%. Но с точки зрения сорбционной способности интерес представляет илистая фракция, с частицами размером менее 0,001 мм, на долю которой приходится 26,1%. По профилю исследуемых почв илистая фракция распределена довольно равномерно.

Наибольшее количество органического вещества отмечается в верхних слоях почв, расположенных под лесной полосой и некосимой залежью. Среднее содержание гумуса составляет соответственно $8,11 \pm 0,15\%$ и $7,68 \pm 0,21\%$. Черноземы диагностируются как среднегумусные. Интенсивному гумусонакоплению способствует обилие древесно-кустарниковой растительности под лесополосой, а также лугово-злаковое разнотравье залежи. Растительность активно вовлекается в биологический круговорот, ежегодно давая как растительный опад, так и огромную биомассу отмерших корневых систем растений. Вниз по почвенному профилю содержание органического вещества постепенно убывает, а в почвообразующей породе исчезает практически совсем, поскольку в ней большинство биологических процессов либо замедляется, либо исчезает полностью. Содержание естественных радиоизотопов в исследуемых почвах уменьшается в следующем ряду: $^{40}\text{K} > ^{228}\text{Th} > ^{226}\text{Ra}$ (табл. 1).

Калий ^{40}K имеет большой период полураспада – 1,248109 лет, поэтому его формирование в наземном почвенном покрове происходило достаточно давно. За миллионы лет произошло его профильное перераспределение с фиксацией преимущественно в верхних гумусовых горизонтах почв. Согласно данным Е. Мингареева с соавт., удельная радиоактивность ^{40}K имеет очень широкий диапазон [12]. Собственные данные (табл. 1) свидетельствуют о колебаниях удельной радиоактивности ^{40}K от 461,3 до 522,4 Бк/кг при среднем содержании 522 Бк/кг в слое 0–20 см. Максимальное значение удельной радиоактивности зафиксировано в черноземах под лесополосой. Вниз по профилю отмечается довольно постепенное снижение активности до 351,3 Бк/кг (рис. 1).

Таблица 1. Статистические показатели удельной активности естественных радионуклидов (Бк/кг) в верхнем слое исследуемых почв (0–20 см), n = 7

Радионуклид	$\bar{x} \pm s_x$	min – max	Коэффициент вариации, %
^{40}K	$495,1 \pm 33,6$	461,3–522,4	15
^{228}Th	$31,5 \pm 3,5$	29,0–34,0	13
^{226}Ra	$22,9 \pm 3,1$	19,8–26,0	14

Примечание: n – количество образцов; \bar{x} – среднее арифметическое; s_x – ошибка среднего арифметического.

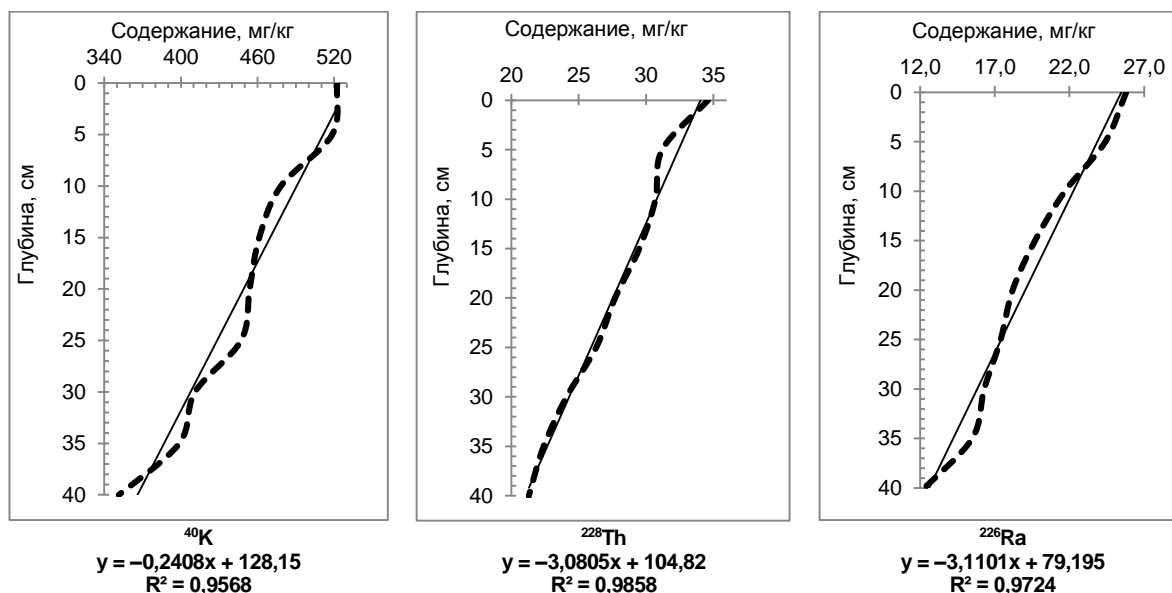


Рис. 1. Графическое отображение, уравнения и линии регрессии поведения естественных радионуклидов при уменьшении содержания органического вещества (гумуса) в почвах

Коэффициент пространственной вариации, равный 15%, указывает на среднюю степень распределения изотопа ^{40}K в пространстве. С одной стороны, за многие годы произошло его перераспределение в почвенном покрове, а с другой стороны, малый биологический круговорот продолжает вовлекать элемент в свой цикл, делая достаточно разнообразным его распределение в пространстве.

Путем постановки серии модельных экспериментов было подтверждено высокое сорбционное сродство между органическим веществом исследуемых черноземов и радиоактивным изотопом ^{40}K . Фактическая линия регрессии практически совпадает с теоретической (рис. 2, а).

Данная закономерность, а также высокий коэффициент корреляции ($R^2 = 0,96$) подтверждают явление сорбционной способности органического вещества к радиоизотопу. Что касается илистой фракции (рис. 2, б), то фактическая линия регрессии имеет лишь незначительное приближение к теоретическому распределению. Низкий коэффициент корреляции ($R^2 = 0,34$) указывает на незначительное влияние данного показателя. Даже если сорбционные процессы и осуществляются на поверхности частиц размером меньше 0,001 мм, то их интенсивность невысокая. Ведущая роль принадлежит гумусу.

Торий ^{228}Th . В отношении тория нет единого мнения о его подвижности в биосфере, которая определяется главным образом с миграцией в почвах в виде органических комплексов. Согласно исследованиям Н.Г. Рачковой, И.И. Шуктовой и А.И. Таскаева, изотоп образует комплексные соединения с лигандами органического вещества [2]. Полученные нами данные подтверждают данное положение, поскольку максимальное содержание ^{228}Th отмечается в слое 0–20 см под лесополосой – 34,0 Бк/кг. Аналогично радиоизотопу ^{40}K , удельная радиоактивность ^{228}Th также постепенно снижается до 21,3 Бк/кг (рис. 1).

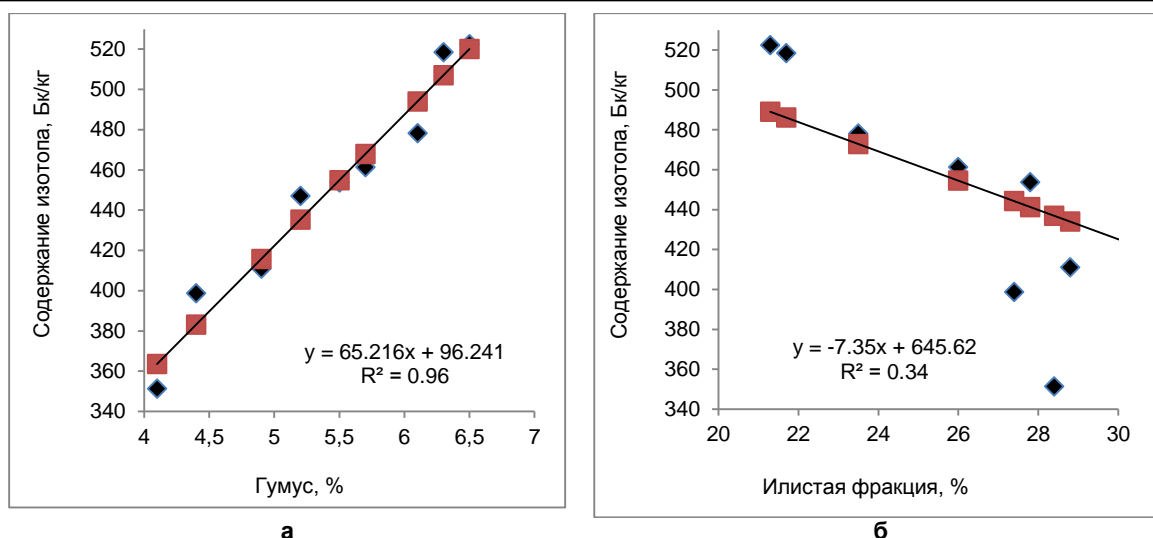


Рис. 2. Зависимость сорбции изотопа ^{40}K от содержания органического вещества (гумуса) и илистой фракции черноземов, не испытывающих техногенного загрязнения

В пространстве поведение тория тоже достаточно неоднородное, коэффициент пространственного варьирования составляет 13% (средняя степень). На пространственное распределение тория большое влияние оказывает живое вещество, что подтверждается и модельными экспериментами. Полученная фактическая линия регрессии (рис. 3, а) близка к теоретическому распределению, что подтверждает высокое сродство радиоактивного изотопа ^{228}Th к органическому веществу. Высокую зависимость подтверждает и коэффициент корреляции, равный 0,97.

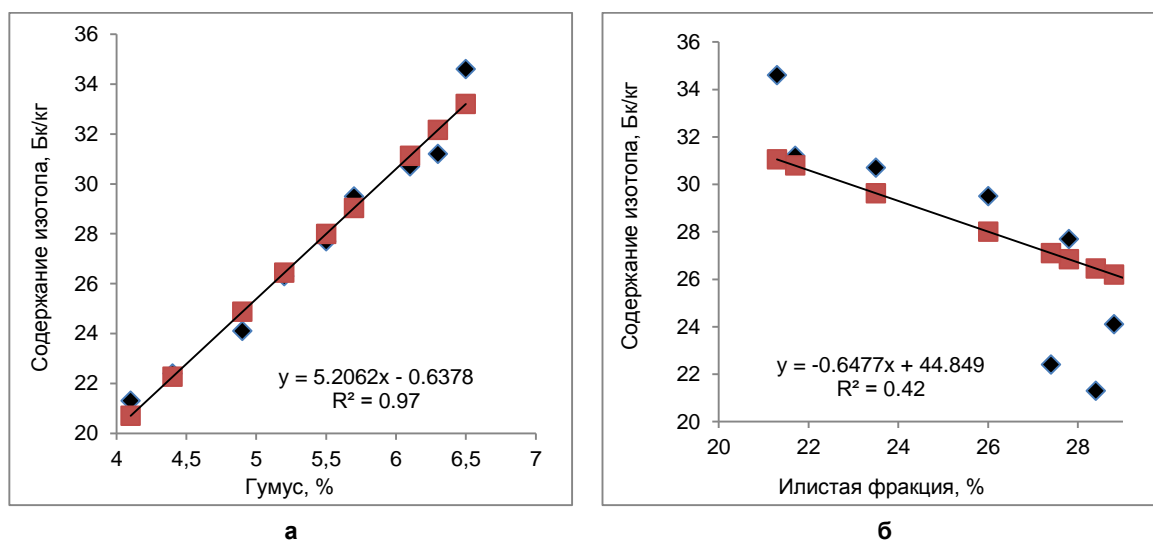


Рис. 3. Зависимость сорбции изотопа ^{228}Th от содержания органического вещества (гумуса) и илистой фракции черноземов, не испытывающих техногенного загрязнения

Моделирование процессов сорбции тория илистой фракции показало некоторое удаление фактического распределения от теоретически возможного (рис. 3, б), но при этом коэффициент корреляции несколько выше ($R^2 = 0,42$), чем в случае распределения изотопа калия и илистой фракции. Поэтому доля участия илистой фракции в процессе фиксации изотопа ^{228}Th значительнее, чем ^{40}K .

Радий ^{226}Ra . Считается, что радий постоянно синтезируется в результате радиоактивного распада урана и тория, после чего изотоп аккумулируется в верхней части земной коры. Согласно полученным данным, удельная радиоактивность радия в исследуемых черноземах составляет 22,9 Бк/кг, при колебании от 19,8 до 26,0 Бк/кг (табл. 1). Максимальное значение отмечается в почвах под лесополосой и обусловлено интенсивным гуму-

сообразованием и гумусонакоплением. Кроме того, как отмечают О. Цветнова, А. Щеглов и А. Кляшторин, лесополосы служат латеральным биологическим барьером на пути миграции многих радионуклидов, в том числе и естественного происхождения [15].

Распределение изотопа ^{226}Ra в пространстве имеет среднюю степень варьирования, $V = 14\%$. Период полураспада радия 1590 лет, но поскольку, как было отмечено выше, он постоянно синтезируется, то и процессы перераспределения идут непрерывно, давая тем самым пространственную неоднородность. Методом моделирования получены графики фактического и теоретического распределения при сорбции изотопа ^{226}Ra органическим веществом черноземов (рис. 4, а).

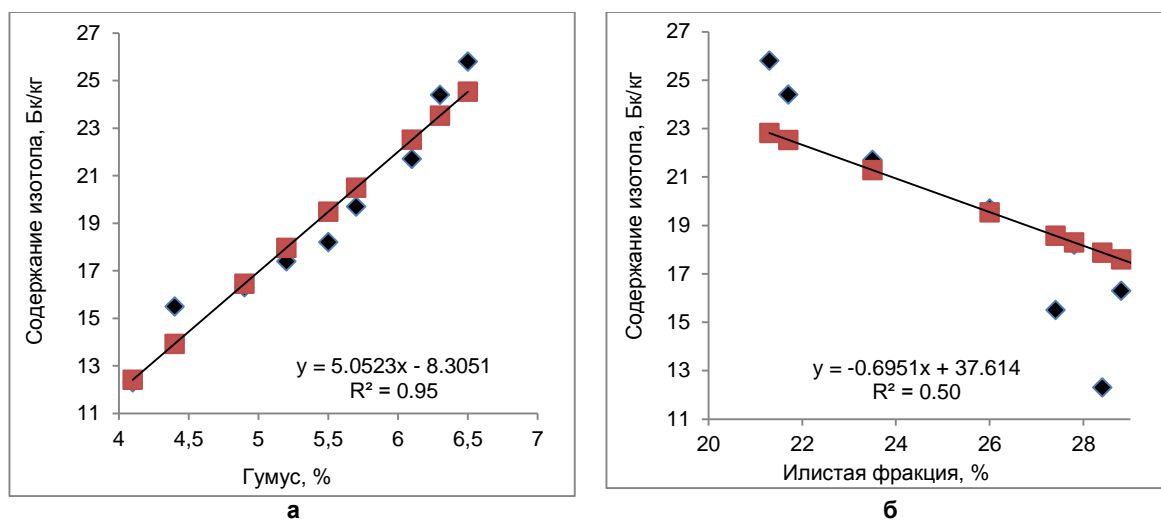


Рис. 4. Зависимость сорбции изотопа ^{226}Ra от содержания органического вещества (гумуса) и илистой фракции черноземов, не испытывающих техногенного загрязнения

Линии практически совпадают, что свидетельствует о высокой сорбционной способности. Данная зависимость подтверждается и корреляционным анализом, $R^2 = 0,95$. Изотоп ^{226}Ra способен сорбироваться и илистой фракцией, не так активно, как гумусом, но, по сравнению с другими исследуемыми радиоизотопами, между распределением фракции менее 0,001 мм и ^{226}Ra коэффициент корреляции равен 0,50 (рис. 4, б).

Выводы

Исследуемые черноземы заповедной территории не испытывают какого-либо техногенного воздействия и не вовлекаются в том числе в сельскохозяйственное производство. Благодаря этому почвы богаты органическим веществом и по содержанию гумуса относятся к среднегумусным. Для изучаемых почв характерно также высокое процентное содержание илистой фракции, которая обладает высокими сорбционными свойствами.

Установлено, что поглощение радиоактивных изотопов осуществляется преимущественно за счет комплексобразования с органическим веществом черноземов. Как следствие, накопление радионуклидов отмечается также в верхних горизонтах почв, обогащенных гумусом. Поскольку наибольшее содержание органического вещества отмечается в черноземах под лесополосой, там же и активнее всего происходит осаждение ^{40}K , ^{228}Th , ^{226}Ra . Древесные насаждения выступают естественным биологическим барьером на пути латеральной миграции радиоактивных изотопов. Поэтому агролесомелиоративные мероприятия являются весьма действенным способом при рекультивации территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению.

Модельными экспериментами доказана высокая сорбционная способность органического вещества черноземов к исследуемым радиоизотопам. Фактическая линия регрессии близка к теоретическому распределению для всех исследуемых радиоизотопов. Полученные коэффициенты корреляции также подтверждают высокую сорбционную способность гумуса. Этим же методом выявлено, что илистая фракция не обладает столь силь-

ными сорбционными свойствами к радионуклидам, фактическое распределение линий регрессии не совпадает с теоретическим. Между исследуемыми изотопами и илистой фракцией получены низкие корреляционные зависимости. Для ^{40}K , ^{228}Th , ^{226}Ra характерна средняя степень пространственного варьирования, которая связана с активным участием биологического фактора в перераспределении радионуклидов в пространстве.

Исследуемая территория имеет заповедный статус, поэтому полученные данные по естественной удельной радиоактивности черноземов предлагается использовать в качестве эталонных при оценке радиационного загрязнения территории, а также при проектировании мелиоративных мероприятий, направленных на восстановление загрязненных территорий.

Список источников

1. Апарин Б.Ф., Мингареева Е.В., Санжарова Н.И. и др. Содержание радионуклидов (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs) в черноземах Волгоградской области разных сроков отбора образцов // Почвоведение. 2017. № 12. С. 1457–1467. DOI: 10.7868/S0032180X17120036.
2. Рачкова Н.Г., Шуктомова И.И., Таскаев А.И. Состояние в почвах естественных радионуклидов урана, радия и тория (обзор) // Почвоведение. 2010. № 6. С. 698–705.
3. Angjeleska A., Dimitrieska-Stojković E., Hajrulai-Musliu Z. et al. Natural radioactivity levels and estimation of radiation exposure in agricultural soils from Skopje city region // Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering. 2020. Vol. 39(1). Pp. 77–87. DOI: 10.20450/mjcc.2020.1904.
4. Azeez H.H., Mansour H.H., Ahmad S.T. Effect of using chemical fertilizers on natural radioactivity levels in agricultural soil in the Iraqi Kurdistan region // Polish Journal of Environmental Studies. 2020. Vol. 29(2). Pp. 1059–1068. DOI: 10.15244/pjoes/106032.
5. Belyaeva O., Movsisyan N., Pyuskyulyan K. et al. Yerevan soil radioactivity: Radiological and geochemical assessment // Chemosphere. 2021. Vol. 265. Article no. 129173. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2020.129173.
6. Boente C., Albuquerque M.T.D., Gallego J.R. et al. Compositional baseline assessments to address soil pollution: An application in Langreo, Spain // Science of the Total Environment. 2022. Vol. 812. Article no. 106614. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.152383.
7. Chevychelov A., Sobakin P., Gorokhov A. et al. Migration of ^{238}U and ^{226}Ra radionuclides in technogenic permafrost taiga landscapes of Southern Yakutia, Russia // Water (Switzerland). 2021. Vol. 13(7). Article no. 966. DOI: 10.3390/w13070966.
8. Ekong G.B., Akpa T.C., Umaru I. et al. Baseline radioactivity and associated radiological hazards in soils around a proposed nuclear power plant facility, South-South Nigeria // Journal of African Earth Sciences. 2021. Vol. 182. Article no. 104289. DOI: 10.1016/j.jafrearsci.2021.104289.
9. Hromyk O., Ilyin L., Grygus I. et al. Radiation monitoring of agricultural soils of the Volyn region in Ukraine // Roczniki Państwowego Zakładu Higieny. 2020. Vol. 71(4). Pp. 377–382. DOI: 10.32394/rpzh.2020.0139.
10. Liu Y., Zhou W., Liu H. et al. Spatial variability and radiation assessment of the radionuclides in soils and sediments around a uranium tailings reservoir, south of China // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. 2020. Vol. 324(1). Pp. 33–42. DOI: 10.1007/s10967-020-07077-w.
11. Luiz do Carmo Leal A., Lauria D.C., Riberio F.C.A. et al. Spatial distributions of natural radionuclides in soils of the state of Pernambuco, Brazil: Influence of bedrocks, soils types and climates // Journal of Environmental Radioactivity. 2020. Vol. 211. Pp. 106046. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2019.106046.
12. Mingareeva E., Aparin B., Sukhacheva E. et al. Content of radionuclides in soils of the Voronezh region // Technological Advancements in Construction. "Lecture Notes in Civil Engineering". Cham: Springer Verlag, 2022. Vol. 180. Pp. 1–12. DOI: 10.1007/978-3-030-83917-8_1.
13. Movsisyan N., Demirtchyan G., Pyuskyulyan K. et al. Identification of radionuclides' altitudinal distribution in soil and mosses in highlands of Armenia // Journal of Environmental Radioactivity. 2021. Vol. 231. Article no. 106550. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2021.106550.
14. Sarap N.B., Krneta Nikolić J.D., Trifković J. et al. Assessment of radioactivity contribution and transfer characteristics of natural radionuclides in agroecosystem // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. 2020. Vol. 323(2). Pp. 805–815. DOI: 10.1007/s10967-019-06986-9.
15. Tsvetnova O., Shcheglov A., Klyashtorin A. ^{137}Cs and K annual fluxes in a cropland and forest ecosystems twenty-four years after the Chernobyl accident // Journal of Environmental Radioactivity. 2018. Vol. 195. Pp. 79–89. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2018.09.019.
16. Tuo F., Peng X., Zeng Z. et al. Natural radionuclides distribution, depth profiles of caesium-137 and risk assessment for soil samples in west regions of China // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. 2021. Vol. 327. Pp. 831–838. DOI: 10.1007/s10967-020-07551-5.
17. Vodyanitskii Y., Minkina T.M., Bauer T.V. Sources of lanthanides in soils and estimation of their hazards // Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis. 2021. Vol. 21(3). Article no. 024. DOI: 10.1144/geochem2021-024.

References

1. Aparin B.F., Mingareeva E.V., Sanzharova N.I. et al. Soderzhanie radionuklidov (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs) v chernozemakh Volgogradskoj oblasti raznykh srokov otbora obraztsov [The content of radionuclides (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs) in the chernozems of Volgograd region of different periods of sampling]. *Pochvovedenie = Eurasian Soil Science*. 2017;12:1457-1467. DOI: 10.7868/S0032180X17120036. (In Russ.).

2. Rachkova N.G., Shuktomova I.I., Taskaev A.I. Sostojanie v pochvakh estestvennykh radionuklidov urana, radiya i toriya (obzor) [Status of natural radionuclides of uranium, radium and thorium in soils (Review)]. *Pochvovedenie = Eurasian Soil Science*. 2010;6:698-705. (In Russ.).
3. Angeleska A., Dimitrieska-Stojković E., Hajrulai-Musliu Z. et al. Natural radioactivity levels and estimation of radiation exposure in agricultural soils from Skopje city region. *Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*. 2020;39(1):77-87. DOI: 10.20450/mjccce.2020.1904.
4. Azeez H.H., Mansour H.H., Ahmad S.T. Effect of using chemical fertilizers on natural radioactivity levels in agricultural soil in the Iraqi Kurdistan region. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2020;29(2):1059-1068. DOI: 10.15244/pjoes/106032.
5. Belyaeva O., Movsisyan N., Pyuskyulyan K. et al. Yerevan soil radioactivity: Radiological and geochemical assessment. *Chemosphere*. 2021;265:129173. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2020.129173.
6. Boente C., Albuquerque M.T.D., Gallego J.R. et al. Compositional baseline assessments to address soil pollution: An application in Langreo, Spain. *Science of the Total Environment*. 2022;812:106614. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.152383.
7. Chevychelov A., Sobakin P., Gorokhov A. et al. Migration of ²³⁸U and ²²⁶Ra radionuclides in technogenic permafrost taiga landscapes of Southern Yakutia, Russia. *Water (Switzerland)*. 2021;13(7):966. DOI: 10.3390/w13070966.
8. Ekong G.B., Akpa T.C., Umaru I. et al. Baseline radioactivity and associated radiological hazards in soils around a proposed nuclear power plant facility, South-South Nigeria. *Journal of African Earth Sciences*. 2021;182:104289. DOI: 10.1016/j.jafrearsci.2021.104289.
9. Hromyk O., Ilyin L., Grygus I. et al. Radiation monitoring of agricultural soils of the Volyn region in Ukraine. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*. 2020;71(4):377-382. DOI: 10.32394/rpzh.2020.0139.
10. Liu Y., Zhou W., Liu H. et al. Spatial variability and radiation assessment of the radionuclides in soils and sediments around a uranium tailings reservoir, south of China. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 2020;324(1):33-42. DOI: 10.1007/s10967-020-07077-w.
11. Luiz do Carmo Leal A., Lauria D.C., Riberio F.C.A. et al. Spatial distributions of natural radionuclides in soils of the state of Pernambuco, Brazil: Influence of bedrocks, soils types and climates. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2020;211:106046. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2019.106046.
12. Mingareeva E., Aparin B., Sukhacheva E. et al. Content of radionuclides in soils of the Voronezh region. *Technological Advancements in Construction. "Lecture Notes in Civil Engineering"*. Cham: Springer Verlag; 2022;180:1-12. DOI: 10.1007/978-3-030-83917-8_1.
13. Movsisyan N., Demirtchyan G., Pyuskyulyan K. et al. Identification of radionuclides' altitudinal distribution in soil and mosses in highlands of Armenia. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2021;231: 106550. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2021.106550.
14. Sarap N.B., Krneta Nikolić J.D., Trifković J. et al. Assessment of radioactivity contribution and transfer characteristics of natural radionuclides in agroecosystem. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 2020;323(2):805-815. DOI: 10.1007/s10967-019-06986-9.
15. Tsvetnova O., Shcheglov A., Klyashtorin A. ¹³⁷Cs and K annual fluxes in a cropland and forest ecosystems twenty-four years after the Chernobyl accident. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2018;195:79-89. DOI:10.1016/j.jenvrad.2018.09.019.
16. Tuo F., Peng X., Zeng Z. et al. Natural radionuclides distribution, depth profiles of caesium-137 and risk assessment for soil samples in west regions of China. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 2021;327:831-838. DOI: 10.1007/s10967-020-07551-5.
17. Vodyanitskii Y., Minkina T.M., Bauer T.V. Sources of lanthanides in soils and estimation of their hazards. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis*. 2021;21(3):024. DOI: 10.1144/geochem2021-024.

Информация об авторах

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

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.

Ю.А. Куликов – консультант, ООО «ИнфоБиС», juriy.kulikov@yandex.ru.

Information about the authors

N.S. Gorbunova, Candidate of Biological Sciences, Docent, the Dept. of Ecology and Land Resources, Voronezh State University, vilian@list.ru.

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.

Yu.A. Kulikov, Consultant, InfoBiS LLC, juriy.kulikov@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 18.05.2023; одобрена после рецензирования 20.06.2023; принята к публикации 03.07.2023.

The article was submitted 18.05.2023; approved after reviewing 20.06.2023; accepted for publication 03.07.2023.

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

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

Научная статья

УДК 631.171

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_3_136

EDN: TJAOTM

Определение параметров воздушно-шнекового сепаратора с переменным шагом винта

Сергей Дмитриевич Шепелёв^{1✉}, Максим Владимирович Ческидов²,

Григорий Николаевич Чирков³

^{1,2,3}Южно-Уральский государственный аграрный университет, Челябинск, Россия

¹Shepelev2@ya.ru[✉]

Аннотация. Наиболее важными этапами при уборке зерновых культур, влияющими на качество зерна, являются его предварительная очистка и сушка. В настоящее время для очистки зерна используют воздушные сепараторы. Повысить эффективность очистки можно за счет использования винтового аспирационного канала с рациональными параметрами конструкции и режимом работы, при которых качество отделения сорных примесей будет наивысшим. Воздушно-шнековый сепаратор (ВШС) представляет собой цилиндрический корпус, внутри которого вращается шнек. Зерновой ворох поступает в корпус (для регулировки подачи вороха служит заслонка) и далее шнеком перемещается в бункер. Встречный воздушный поток, подаваемый вентилятором, двигаясь по горизонтальному винтовому аспирационному каналу, захватывает легкие частицы и уносит их в выходной патрубок. Проведено компьютерное моделирование работы сепаратора, диаметр рабочего органа которого равен 0,3 м, длина – 1,3 м. Определено, что скорость воздушного потока в горизонтальном винтовом аспирационном канале рабочего органа сепаратора составляет 7,1–7,9 м/с. В начале шнека шаг равен 0,17 м, при этом скорость воздушного потока находится в диапазоне от 7 до 11 м/с, давление – 56–100 Па. При этих параметрах легкие сорные частицы удаляются с поверхности слоя перемещаемого сепарируемого зерна. Начиная с четвертого витка, шаг шнека равен 0,26 м, при этом скорость воздушного потока составляет 6,0–7,9 м/с, давление – 40–70 Па. Применение компьютерного моделирования позволяет получить данные о характере течения воздушного потока в аспирационном канале сепаратора. Экспериментальными исследованиями подтверждена достоверность полученных данных, расхождение теоретических и экспериментальных результатов не превышает 5%. ВШС с переменным шагом винта позволяет локально повысить скорость воздушного потока для обеспечения отделения сорных легких частиц, за счет чего производительность сепаратора увеличивается на 30%, при этом качество очистки соответствует агротехническим требованиям.

Ключевые слова: воздушно-шнековый сепаратор, воздушный поток, зерновой ворох, компьютерное моделирование, степень очистки, качество сепарируемого зерна

Для цитирования: Шепелёв С.Д., Ческидов М.В., Чирков Г.Н. Определение параметров воздушно-шнекового сепаратора с переменным шагом винта // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 3(78). С. 136–142. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_136-142.

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

Original article

Parametrization procedure for an air-screw separator with a variable propeller pitch

Sergey D. Shepelev^{1✉}, Maksim V. Cheskidov², Grigory N. Chirkov³

^{1,2,3}South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk, Russia

¹Shepelev2@ya.ru[✉]

Abstract. The most important stages in the harvesting of grain crops that affect the quality of grain are its pre-cleaning and drying. Currently, air separators are used to separate grain. It is possible to increase the efficiency of separation by using a screw aspiration channel with rational design parameters and operating mode. Due to such constructional features the quality of separation from weed impurities will be the highest. The air-screw separator (ASS) is a cylindrical body inside which the screw rotates. The grain heap enters the housing (a flap is used to adjust the supply of the heap) and then moves into the hopper with a screw. The counter airflow supplied by the fan, moving along the horizontal screw aspiration channel, captures light particles and carries them to the outlet pipe. The author fulfilled process modeling study on the laboratory set up of the air-screw separator, the diameter of the working body and the length of which were 0.3 m and 1.3 m, respectively. It was determined that the air flow velocity in the horizontal screw aspiration channel of the working body of the separator was 7.1–7.9 m/s. At the beginning of the screw, the pitch was 0.17 m, while the air flow velocity was in the range from 7 to 11 m/s, the

pressure was 56-100 Pa. With these parameters, light weed particles were removed from the surface of the layer of the transported separated grain. Starting from the fourth screw flighting, the pitch of the propeller was 0.26 m, while the air flow velocity was 6.0–7.9 m/s, the pressure was 40-70 Pa. Through the use of computer generated simulation it is possible to obtain data on the nature of the air flow in the aspiration channel of the separator. Experimental studies have confirmed the reliability of the data obtained, the discrepancy between theoretical and experimental results does not exceed 5%. The air-screw separator with variable propeller pitch enables local increase of the air flow velocity to ensure the separation from light weed particles, due to which the productivity of the separator increases by 30%, while the quality of separation meets agrotechnical requirements.

Keywords: air-screw separator, air flow, grain heap, computer generated simulation, degree of cleaning (separation), quality of separated grain

For citation: Shepelev S.D., Cheskidov M.V., Chirkov G.N. Parametrization procedure for an air-screw separator with a variable propeller pitch. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(3):136-142. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_136-142.

Основной растениеводческой отрасли АПК РФ является производство зерновых и зернобобовых культур, удельный вес которых в структуре посевных площадей превышает 50%. Высокие урожаи и, как следствие, рост экспортного потенциала позволили России занять лидирующие позиции в рейтинге мировых экспортеров пшеницы и ячменя. Дальнейшее развитие российского зернового рынка, по мнению специалистов, возможно в направлении повышения качества зерновой продукции.

Наиболее важными этапами при уборке, влияющими на итоговое качество и, как следствие, стоимость зерна, являются его предварительная очистка и сушка [1, 2]. Для отделения легких примесей, таких как части стеблей, шелуха, полова, битое зерно, пыль, используется принцип разделения смеси в воздушном потоке на основании разницы в аэродинамических свойствах и массе частиц.

Зерновые культуры на этапе хранения подвержены процессу самосогревания, что также негативно сказывается на качестве зернового материала. Инженерными работниками разработаны различные способы доведения зернового вороха до определенных кондиций по влажности, засоренности и др. [3–6].

В настоящее время для очистки зерна на аэродинамическим свойствам используют воздушные сепараторы. Повысить эффективность очистки зерна в воздушных сепараторах можно за счет использования винтового аспирационного канала с рациональными параметрами конструкции и режимом работы, при которых качество отделения сорных примесей будет наивысшим.

Для изучения влияния параметров воздушно-шнекового сепаратора на эффективность очистки была разработана и изготовлена лабораторная установка воздушно-шнекового сепаратора (рис. 1).

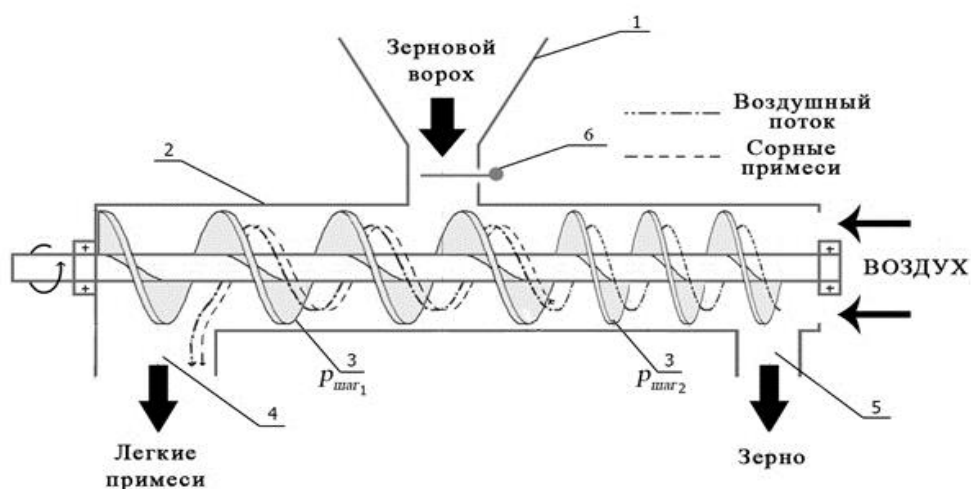


Рис. 1. Схема воздушно-шнекового сепаратора с переменным шагом винта

Рабочий орган воздушно-шнекового сепаратора с горизонтальным винтовым аспирационным каналом состоит из корпуса 2, внутри которого установлен шнек 3. Шнек и корпус вместе образуют горизонтальный винтовой аспирационный канал. Шнек вращается за счет двигателя с редуктором, при этом частота вращения шнека составляет 60–70 об/мин. Корпус рабочего органа сепаратора включает в себя трубу, диаметр которой равен внешнему диаметру шнека с минимальным зазором между стенкой трубы и шнеком, допускающим его свободное вращение.

В конструкции предусмотрены приемно-загрузочное устройство 1, окна выхода воздуха и легких примесей 4 и для вывода очищенного зерна 5. Для регулирования объема подаваемой продукции предусмотрена заслонка 6. В правой части корпуса 2 установлен центробежный вентилятор (на чертеже не показан) с регулирующей заслонкой, позволяющей менять скорость воздушного потока.

Процесс сепарирования в воздушно-шнековом сепараторе проходит следующим образом. Из приемно-загрузочного устройства зерновой ворох поступает в рабочий орган сепаратора. Далее он шнеком перемещается в сторону выгрузного окна. Поток воздуха, подаваемый вентилятором в винтовой аспирационный канал, направлен в сторону окна выхода сорных примесей. Поток воздуха захватывает легкие частицы и уносит их в окно выходного патрубка, при этом приемно-загрузочное устройство является постоянно заполненным благодаря непрерывной подаче зерна, что препятствует выходу воздушного потока через приемно-загрузочное устройство. Ворох без содержания легких сорных примесей перемещается шнеком в окно для вывода очищенного зерна.

Трудоемкость изучения процесса разделения частиц в воздушных сепараторах обусловлена характером течения воздушного потока, который зачастую является турбулентным. Развитие в последнее время программных систем конечно-элементного анализа позволяет более детально анализировать процесс сепарирования и создавать новые решения для повышения эффективности очистки [8, 9].

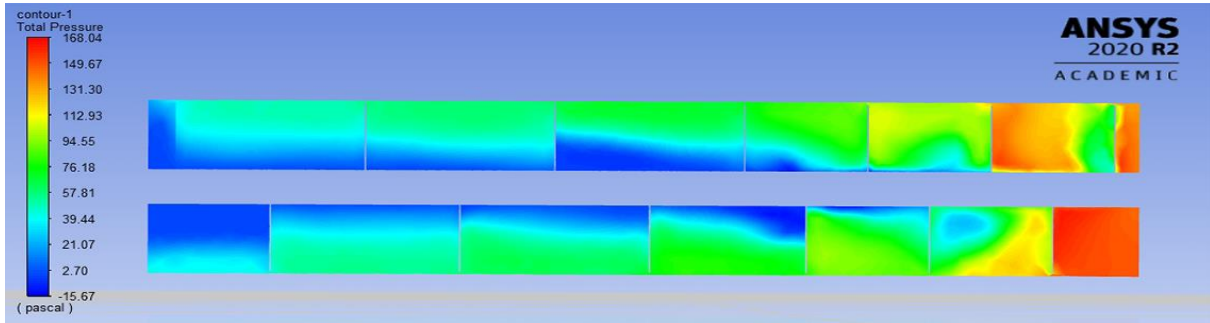
Основной процесс разделения зернового вороха происходит в области шнека под загрузочным бункером. В зоне $P_{шаг2}$ зерновой слой перемещается и перемешивается шнеком, однако при применении шнека с постоянным шагом винта воздушный поток не способен захватить сорные частицы из перемешиваемого слоя при его транспортировке. Устранить данный недостаток можно за счет применения шнека с переменным шагом. У части шнека, расположенной между местом ввода зерна 1 и отверстием для вывода очищенного зерна 5, расстояние между витками было меньше на 30%, чем расстояние между витками у части шнека, расположенной между выходным патрубком 4 и загрузочным устройством 1.

Скорость воздушного потока в зоне $P_{шаг2}$ выше, чем в зоне $P_{шаг1}$, за счет уменьшения шага шнека, благодаря этому подъемная сила отрывает легкие сорные частицы с поверхности слоя, далее воздушный поток выносит их из аспирационного канала сепаратора [5].

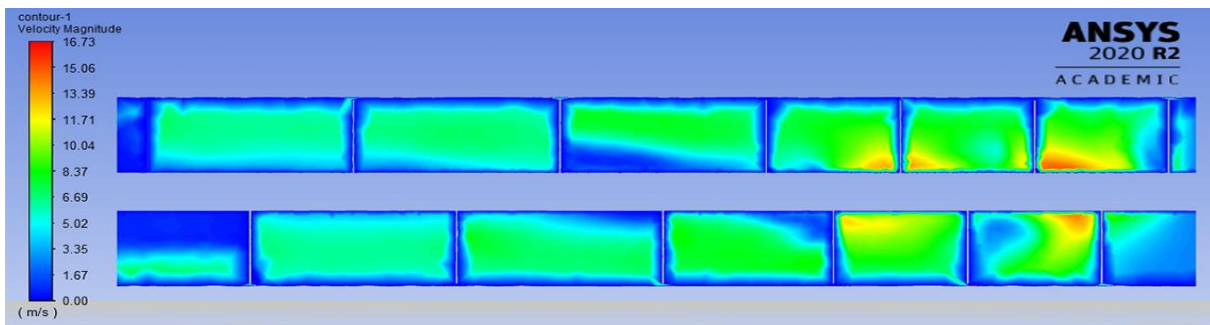
Основываясь на анализе современного опыта проведения исследований характеристик потоковых процессов в вычислительной гидродинамике, было принято решение использовать программный продукт ANSYS Fluent для изучения движения частиц зернового вороха в предлагаемом сепараторе [5, 10]. Данная программа представляет набор мощных решателей и пре-/постпроцессоров для моделирования течений жидкостей и газов с учетом турбулентности, межфазного взаимодействия, химических реакций и др.

Для определения параметров воздушного потока была создана компьютерная модель рабочего органа сепаратора с диаметром рабочего органа 0,3 м, длиной 1,3 м. Шаг винта переменный, три витка шнека имеют шаг 0,17 м, далее три витка шнека имеют шаг 0,26 м.

Выявлено, что скорость воздушного потока в горизонтальном винтовом аспирационном канале рабочего органа сепаратора составляет 7,1–7,9 м/с. В начале шнека скорость воздушного потока находится в пределах от 7 до 11 м/с, давление – 56–100 Па (рис. 2). При этих параметрах легкие сорные частицы удаляются с поверхности слоя перемещаемого зерна. Начиная с четвертого витка скорость воздушного потока составляет 6,0–7,9 м/с, давление – 40–70 Па.



а



б

Рис. 2. Давление (а) и скорость (б) воздушного потока в винтовом аспирационном канале с различным шагом

Для проведения экспериментальных исследований и изучения процесса сепарирования зернового вороха в аспирационном канале изготовлен опытный образец воздушно-шнекового сепаратора с переменным шагом винта. Геометрические параметры экспериментальной установки соответствуют параметрам компьютерной модели (рис. 3).

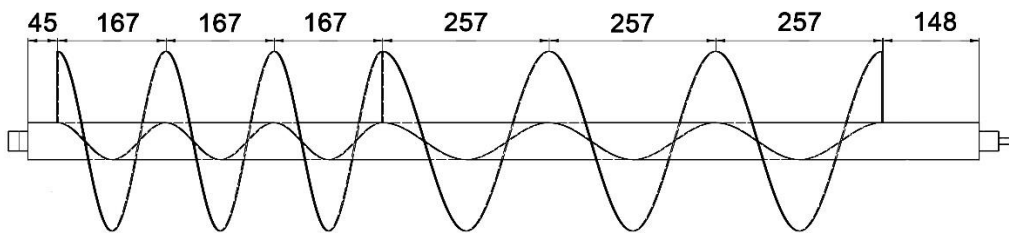


Рис. 3. Шнек ВШС с переменным шагом

Вращение шнека обеспечивает мотор-редуктор с асинхронным двигателем мощностью 0,75 кВт. Частота вращения шнека меняется посредством частотного преобразователя в диапазоне от 20 до 100 об/мин.

Конструкция установки позволяет менять массу подаваемого зерна в пределах от 0,2–3,0 т/ч. Для подачи в рабочий орган воздушного потока применялся центробежный вентилятор ВР 300-45-3,15 мощностью 1,25 кВт и частотой вращения 1500 об/мин.

Для определения параметров воздушного потока в винтовом канале рабочего органа сепаратора использовался дифференциальный манометр TROTEC TA400, позволяющий измерять скорость воздушного потока в диапазоне 1–80 м/с и давление 0–5000 Па.

В ходе проведения экспериментальных исследований осуществляли замеры давления и скорости воздушного потока в аспирационном канале рабочего органа сепаратора. Замеры проводились в двух местах: в части шнека с меньшим шагом и в части шнека с большим шагом (рис. 4). Полученные экспериментальные данные соответствуют теоретическим исследованиям.

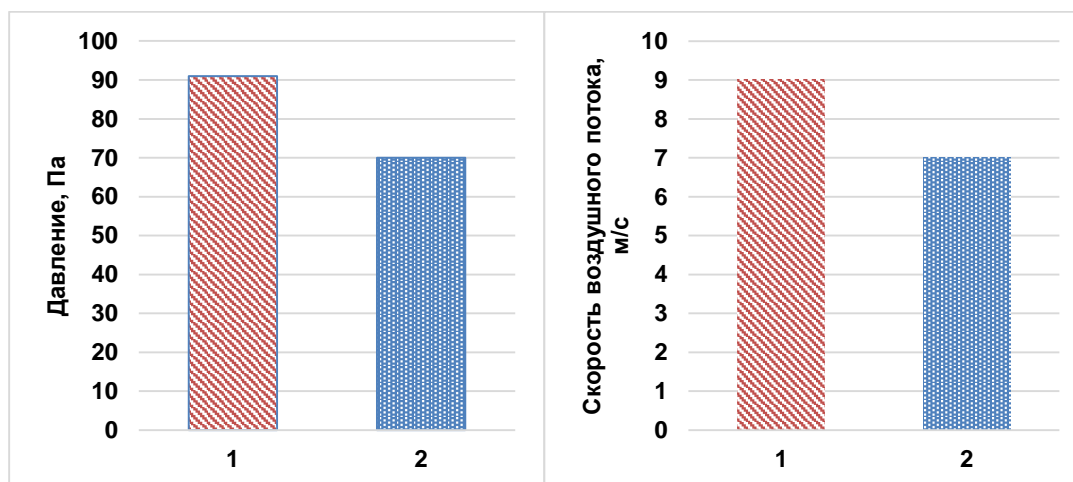


Рис. 4. Показатели воздушного потока: 1 – в части шнека с меньшим шагом; 2 – в части шнека с большим шагом

Исследования качества очистки на зерновом материале позволили установить, что при производительности воздушно-шнекового сепаратора 900 кг/ч обеспечивается отделение сорных примесей согласно агротехническим требованиям для зерновых сепараторов, а содержание цельного зерна в отходах находится в пределах 1,0–1,5%. С увеличением подачи зернового материала в сепаратор его эффективность очистки снижается.

Использование в конструкции сепаратора шнека с переменным шагом позволило повысить эффективность очистки и производительность по сравнению с базовым вариантом (рис. 5).

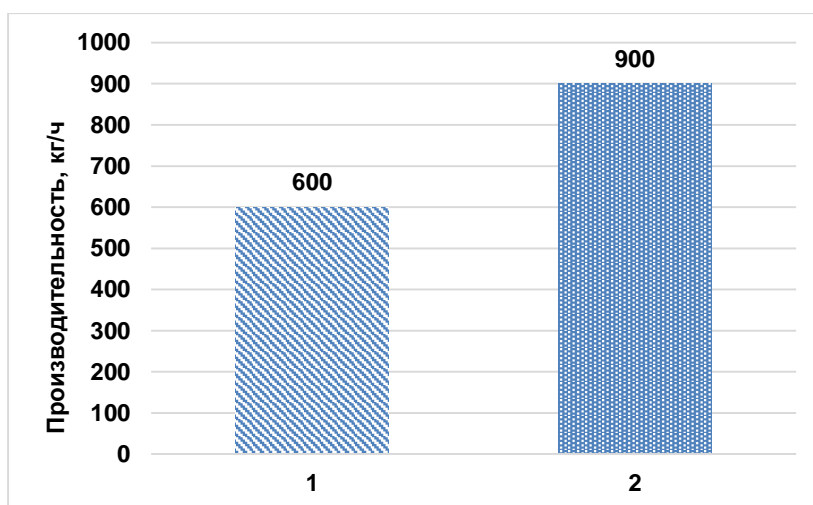


Рис. 5. Сравнение производительности сепараторов: 1 – базовый сепаратор; 2 – сепаратор с переменным шагом винта

Выводы

Применение компьютерного моделирования позволяет изучить характер течения воздушного потока в аспирационном канале воздушно-шнекового сепаратора.

Экспериментальными исследованиями подтверждена достоверность полученных данных, так как расхождение теоретических и экспериментальных результатов не превышает 5%.

Предлагаемая конструкция воздушно-шнекового сепаратора с переменным шагом винта позволяет локально повысить скорость воздушного потока для обеспечения отделения легких сорных частиц с поверхности зернового слоя. Использование шнека с переменным шагом винта повышает производительность сепаратора, при этом качество очистки соответствует агротехническим требованиям.

Список источников

1. Авдеев А.В. Перспективы механизации послеуборочной обработки зерна // Тракторы и сельхозмашины. 2002. № 5. С. 18–23.
2. Гиевский А.М., Гулевский В.А., Оробинский В.И. Пути повышения производительности универсальных зерноочистительных машин // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2018. № 3(85). С. 12–16. DOI: 10.26897/1728-7936-2018-3-12-16.
3. Машины и оборудование для очистки и сортирования зерновых и зернобобовых культур: учебно-методическое пособие; сост. А.В. Кузьмицкий и др. Минск: Изд-во Белорусского государственного аграрно-технического университета, 2012. 100 с.
4. Сорокин Н.Н., Оробинский В.И., Чернышов А.В. Повышение эффективности процесса послеуборочной подготовки семян пшеницы. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2019. 148 с.
5. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В. Классификация и анализ перспектив создания делителей потока сыпучих материалов // Наука в центральной России. 2013. № 5. С. 75–83.
6. Угаров В.А., Чуклин Н.М., Сороченко С.Ф. Исследование загрузочной системы машины предварительной очистки зерна // Наука и молодежь: материалы XVI Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Барнаул, 22–26 апреля 2019 г.). Барнаул: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2019. Т. 1. С. 780–783.
7. Финогенов Н.А. Обзор и анализ особенностей, ограничений и применимости многофазных моделей при расчете потоков жидкостей // Аллея науки. 2021. Т. 1, № 5(56). С. 379–382.
8. Ческидов М.В., Окунев Г.А., Шепелев С.Д. Воздушно-шнековый сепаратор для очистки зерна // Сельский механизатор. 2017. № 9. С. 40.
9. Шепелев С.Д. Согласование технической оснащенности уборочного процесса с производительностью зерноочистительной линии // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2007. № 4. С. 11–12.
10. Badretdinov I., Mudarisov S., Tuktarov M. et al. Mathematical modeling of the grain material separation in the pneumatic system of the grain-cleaning machine // Journal of Applied Engineering Science. Institut za Istrazivanja I Projektovanja u Privredi. 2019. Vol. 17(4). Pp. 529–534. DOI: 10.5937/jaes17-22640.

References

1. Avdeev A.V. Perspektivy mekhanizatsii posleuborochnoj obrabotki zerna [Prospects for mechanization of post-harvest grain processing]. *Traktory i sel'khoz mashiny = Tractors and Agricultural Machinery*. 2002;5:18-23. (In Russ.).
2. Gievsky A.M., Gulevsky V.A., Orobinsky V.I. Puti povysheniya proizvoditel'nosti universal'nykh zernoochistitel'nykh mashin [Ways of increasing performance of universal grain cleaning machines]. *Vestnik federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya "Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet imeni V.P. Goryachkina" = Vestnik of Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin"*. 2018;3(85):12-16. DOI: 10.26897/1728-7936-2018-3-12-16. (In Russ.).
3. Mashiny i oborudovanie dl'ya ochistki i sortirovaniya zernovykh i zernobobovykh kul'tur: uchebno-metodicheskoe posobie; sostaviteli A.V. Kuzmitsky i dr. [Machines and equipment for cleaning and sorting grain and leguminous crops: study guide; contributors A.V. Kuzmitsky et al.]. Minsk: Belarusian State Agrarian Technical University Press; 2012. 100 p. (In Russ.).
4. Sorokin N.N., Orobinskiy V.I., Chernyshov A.V. Povyshenie effektivnosti protsessa posleuborochnoj podgotovki semyan pshenitsy [Increasing the efficiency of the post-harvest preparation of wheat seeds]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2019. 148 p. (In Russ.).
5. Tishaninov N.P., Anashkin A.V. Klassifikatsiya i analiz perspektiv sozdaniya delitelej potoka sypuchikh materialov [Classification and analysis of prospects of creation dividers of a stream of bulks]. *Nauka v tsentral'noj Rossii = Science in the Central Russia*. 2013;5:75-83. (In Russ.).
6. Ugarov V.A., Chuklin N.M., Sorochenko S.F. Issledovanie zagruzochnoj sistemy mashiny predvaritel'noj ochistki zerna. Nauka i molodezh: materialy XVI Vserossijskoj nauchno-tekhnicheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh (Barnaul, 22-26 aprelya 2019 g.) [A study of the loading system of the grain pre-cleaning machine. Science and Youth: Proceedings of the XVI All-Russian Scientific and Technical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists (Barnaul, April 22-26, 2019)]. Barnaul: Polzunov Altai State Technical University Press. 2019;1:780-783. (In Russ.).
7. Finogenov N.A. Obzor i analiz osobennostej, ogranichenij i primenimosti mnogofaznykh modelej pri raschete potokov zhidkostej [A review and analysis of peculiar features, limitations and applicability of multiphase models in the calculation of fluid flows]. *Alleya nauki = Alley of Science*. 2021;5(56):379-382. (In Russ.).
8. Cheskidov M.V., Shepelev S.D., Okunev G.A. Vozdushno-shnekovyj separator dlya ochistki zerna [Air-screw separator for grain cleaning]. *Sel'skij mekhanizator = Rural Machine Operator*. 2017;9:40. (In Russ.).
9. Shepelev S.D. Soglasovanie tekhnicheskoy osnashchennosti uborochnogo protsessa s proizvoditel'nost'yu zernoochistitel'noj linii [Coordination of the technical equipment of the harvesting process with the productivity of the grain cleaning line]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva = Mechanization and Electrification of Agriculture*. 2007;4:11-12. (In Russ.).
10. Badretidinov I., Mudarisov S., Tuktarov M. et al. Mathematical modeling of the grain material separation in the pneumatic system of the grain-cleaning machine. *Journal of Applied Engineering Science. Institut za Istrazivanja I Projektovanja u Privredi*. 2019;17(4):529-534. DOI:10.5937/jaes17-22640.

Информация об авторах

С.Д. Шепелёв – доктор технических наук, доцент, директор Института агроинженерии ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет», Shepelev2@ya.ru.

М.В. Ческидов – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка, технология и механизация животноводства» ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет», mister.aspirant@yandex.ru.

Г.Н. Чирков – аспирант ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет», chirkov174@mail.ru.

Information about the authors

S.D. Shepelev, Doctor of Engineering Sciences, Docent, Director of the Institute of Agricultural Engineering, South Ural State Agrarian University, Shepelev2@ya.ru.

M.V. Cheskidov, Candidate of Engineering Sciences, Senior Lecturer, the Dept. of Machine and Tractor Fleet Operation, Technology and Mechanization of Livestock Breeding, South Ural State Agrarian University, mister.aspirant@yandex.ru.

G.N. Chirkov, Postgraduate Student, South Ural State Agrarian University, chirkov174@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 25.06.2023; одобрена после рецензирования 26.07.2023; принята к публикации 03.08.2023.

The article was submitted 25.06.2023; approved after reviewing 26.07.2023; accepted for publication 03.08.2023.

© Шепелёв С.Д., Ческидов М.В., Чирков Г.Н., 2023

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

Научная статья

УДК 631.51.015

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_3_143

EDN: JKMATU

Обоснование конструктивных решений совершенствования технологии отвальной вспашки

Сергей Владимирович Василенко^{1✉}, Владимир Васильевич Василенко²

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

¹tuli-fruli@mail.ru✉

Аннотация. Из всех показателей качества основной обработки почвы важнейшим можно признать подавление сорной растительности механическими способами, так как их применение направлено на снижение загрязнения посевов химическими средствами защиты и, как следствие, производство экологически безопасной с.-х. продукции. Главной отличительной особенностью отвальных плугов от остальных орудий для основной обработки почвы является их способность надежно подавлять сорную растительность путем глубокой заделки семян при полном оборачивании почвенных пластов. Однако у подавляющего числа плугов угол оборота пластов не превышает 140°. Предлагается конструктивное решение, в соответствии с которым отвальная вспашка выполняется переоборудованными существующими моделями плугов, снабженными дополнительным рабочим корпусом, увеличивающим ширину первой борозды. Переоборудовать плуг можно следующим образом. Надо переставить первый рабочий корпус вперед строго по направлению движения плуга и позади него со сдвигом в сторону вспаханного поля установить дополнительный корпус. Сдвиг должен быть равен глубине обработки почвы и регулируется при изменении этой глубины. На этапе первого рабочего хода передний и дополнительный рабочие корпуса формируют широкую борозду, а при остальных проходах дополнительный корпус очищает открытую борозду от осыпавшейся почвы, поддерживая условия для полного оборота всех последующих пластов. Предлагаемая технология отвальной вспашки выполняется обычными рабочими корпусами уже существующих моделей плугов, гладкая вспашка получается свободным перекачиванием пластов без риска забивания узких технологических проходов между заплужниками и отвалами фронтальных плугов. В связи с полным оборотом пластов и свободными технологическими проходами переоборудованные плуги не имеют ограничений по глубине обработки, связанных с устойчивостью пластов после прохода плуга. При полном обороте пластов гарантированно обеспечивается глубокая заделка семян сорных растений, при этом отсутствует необходимость применения предплужников, что снижает тяговое сопротивление плуга.

Ключевые слова: отвальная вспашка, оборот почвенных пластов, подавление сорняков, ширина борозды, глубина вспашки, дополнительный рабочий корпус

Для цитирования: Василенко С.В., Василенко В.В. Обоснование конструктивных решений совершенствования технологии отвальной вспашки // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 3(78). С. 143–150. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_143-150.

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

Original article

Justification of constructive solutions for improving the technology of moldboard plowing

Sergey V. Vasilenko^{1✉}, Vladimir V. Vasilenko²

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

¹tuli-fruli@mail.ru✉

Abstract. Of all the indicators of the quality of basic tillage, the suppression of weeds by mechanical means can be recognized as the most important, since their use is aimed at reducing contamination of crops with chemical means of protection and, as a result, the production of environmentally safe agricultural products. The main distinguishing feature of moldboard plows from other tools for basic tillage is their ability to reliably suppress weed

vegetation by deep seeding with full soil layers overturning. However, in the overwhelming number of plows, the angle of rotation of the layers does not exceed 140° . The authors proposed a constructive solution according to which moldboard plowing is carried out by modified existing models of plows equipped with an additional plough body that increases the width of the first furrow. The authors' modification consists in the following. It is necessary to move the first plough body forward strictly in the direction of the plow movement and install an additional one behind it with a shift towards the plowed field. The shift should be equal to the depth of tillage and is adjusted when this depth changes. At the stage of the first operating motion, the front and additional plough bodies form a wide furrow, and during the next passings, the additional body cleans the open furrow from the crumbled soil, maintaining conditions for the complete turnover of all subsequent layers. The proposed technology of moldboard plowing is carried out by conventional plough bodies of existing models of plows, smooth plowing is obtained by rolling the layers freely without the risk of clogging the narrow technological passings between additional plough bodies and the plowshare of the front plows. Due to the full turnover of the layers and free technological passings, the modified plows have no restrictions on the depth of processing associated with the stability of the layers after the passings of the plow. At full soil layers overturning, deep suppression of weed seeds is guaranteed, while there is no need to use pre-plows, which reduces its traction resistance.

Keywords: moldboard plowing, soil layers overturning, suppression of weed seeds, furrow width, plowing depth, additional plow body

For citation: Vasilenko S.V., Vasilenko V.V. Justification of constructive solutions for improving the technology of moldboard plowing. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(3):143-150. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_143-150.

История развития технологии отвальной вспашки начинается с появлением римского плуга во втором тысячелетии до новой эры. В отличие от сохи, этот плуг был создан древними земледельцами для оборачивания почвенных пластов. Деревянный плуг пахал неглубоко, перемещался при этом тяжело, оборачивал пласты с огрехами, но все же уничтожал сорняки (хоть и ненадолго) и улучшал условия посева.

В конце первого тысячелетия новой эры на Руси в степях Полтавщины появились также деревянные плуги под названием сабан, которые пахали на глубину до 30 см, но так как они были очень тяжелыми, в них впрягали по три-четыре пары волов. Такая глубокая вспашка позволяла практически полностью подавлять сорняки, так как их семена заделывались на недостижимую для прорастания глубину. Но в средние века на Руси и в Европе перешли на легкие металлические одно- или пароконные плуги кустарного производства, которые пахали на глубину полтора вершка (до 7 см). Из-за этого по эффекту подавления сорняков они ничем не отличались от более легких орудий типа культиваторов. И только в середине XIX столетия появились пароконные плуги заводского производства на предприятии Рудольфа Сакка в Германии, которые могли пахать на глубину до 20 см и по эффекту подавления сорняков приблизились к современным тракторным плугам. Именно этот эффект выгодно отличает плуги от всех остальных почвообрабатывающих орудий.

Дальнейшее развитие технологии вспашки шло по пути повышения качества работы и уменьшения тягового сопротивления орудия [1, 8, 11, 12]. Показатели качества вспашки улучшаются прежде всего за счет совершенствования форм лемешно-отвальной поверхности [6, 7], а также разработки комбинированных пахотных органов. Комбинированные органы фронтальных плугов увеличивают угол оборота почвенных пластов [9, 13, 15], у плугов-рыхлителей существенно снижается тяговое сопротивление орудия [3, 4], а плуги с двумя лемехами экономят затраты энергии за счет удаления полевых досок [2]. Пока еще в стадии научных разработок и экспериментов находятся способы применения вибрации при вспашке [5, 16], но доказано ее положительное влияние на качество работы и снижение затрат энергии.

Главной отличительной особенностью отвальных плугов от остальных орудий для основной обработки почвы является их способность надежно подавлять сорную растительность путем глубокой заделки семян при оборачивании почвенных пластов. В эпоху увлечения гербицидами из всех показателей качества основной обработки почвы можно признать важнейшим подавление сорной растительности механическими спосо-

бами, так как их применение направлено на снижение загрязнения окружающей среды химическими средствами защиты посевов и, как следствие, производство экологически безопасной сельскохозяйственной продукции. Для этого надо достигать полной оборачиваемости почвенных пластов, так как только в этом случае семена сорняков будут заделаны глубоко [17, 18]. При этом при отсутствии предплужников вспашка будет безгребневой. Самым простым методом увеличения угла оборота пластов является применение освоенного процесса перекатывания пласта в смежную борозду, расширенную дополнительным рабочим органом [10]. Дальнейшее развитие технологии отвальной вспашки именно в этом направлении можно обеспечить и без дополнительных рабочих элементов на корпусах плуга.

Предлагается конструктивное решение осуществления полного оборота почвенных пластов освоенным методом их перекатывания в смежные борозды, при этом исключается риск забивания узких технологических проходов для почвенных пластов, свойственный плугам, оборачивающим пласты в собственных бороздах. Отвальная вспашка выполняется переоборудованными существующими моделями плугов, снабженными дополнительным рабочим корпусом, увеличивающим ширину первой борозды. При использовании обычных плугов оборот почвы выполняется не полностью потому, что первый рабочий корпус нарезает борозду, ширина которой слишком мала, чтобы следующий пласт мог свободно по ней продвинуться и лечь на дно всей своей плоскостью. Оставаясь перевернутым только частично, такой пласт мешает следующему завершить свой оборот. Переоборудовать плуг можно следующим образом. Надо переставить первый корпус вперед строго по направлению движения плуга, освободив место для дополнительного рабочего корпуса. Дополнительный корпус устанавливается позади первого со сдвигом в сторону вспаханного поля. Сдвиг должен быть равен глубине обработки почвы, он регулируется при изменении этой глубины. На этапе первого рабочего хода передний и дополнительный рабочие корпуса формируют широкую борозду, а при остальных проходах дополнительный корпус очищает открытую борозду от осыпавшейся почвы, поддерживая условия для полного оборота всех последующих пластов.

Оборот почвенных пластов методом перекатывания в смежную борозду разработан академиком В.П. Горячкиным и его последователями [6, 7, 19]. Поверхность вспаханного поля оказывается гребнистой из-за того, что почвенные пласты оборачиваются не на 180° (рис. 1). Созревшие семена сорняков падают на стерневую поверхность, а после вспашки часть из них оказывается в благоприятных зонах для всхожести. Чтобы эти зоны ликвидировать, надо изучить возможность выполнения полного оборота пластов без нарушения освоенного простого и надежного способа перекатывания пластов в смежные борозды.

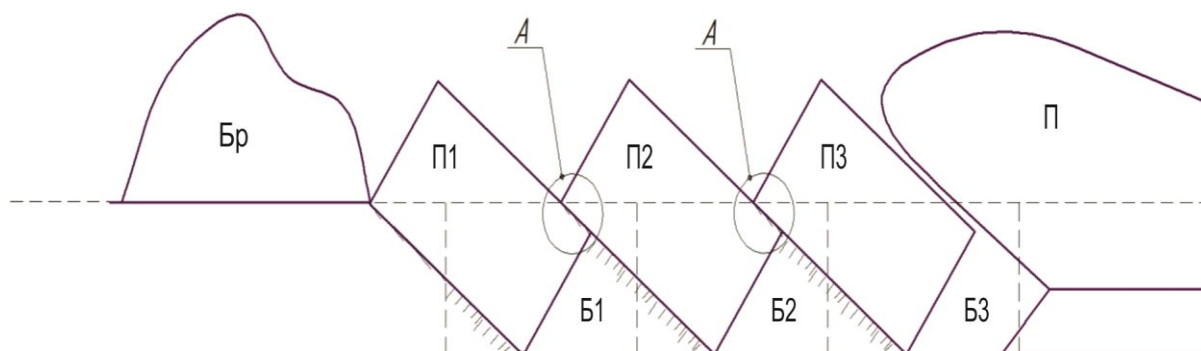


Рис. 1. Схема укладки почвенных пластов по теории академика В.П. Горячкина: Б1, Б2, Б3 – номера борозд; П1, П2, П3, П4 – номера почвенных пластов; Бр – бруствер; П – плуг; — — границы борозд; - - - - контуры пластов; А – зоны прорастания сорняков

Теоретический анализ и результаты

Почвенный пласт ABCD перекачивается в позицию A₁B₁C₁D₁ и оказывается наклоненным к горизонту на угол $\delta = \pi - \beta$ (рис. 2).

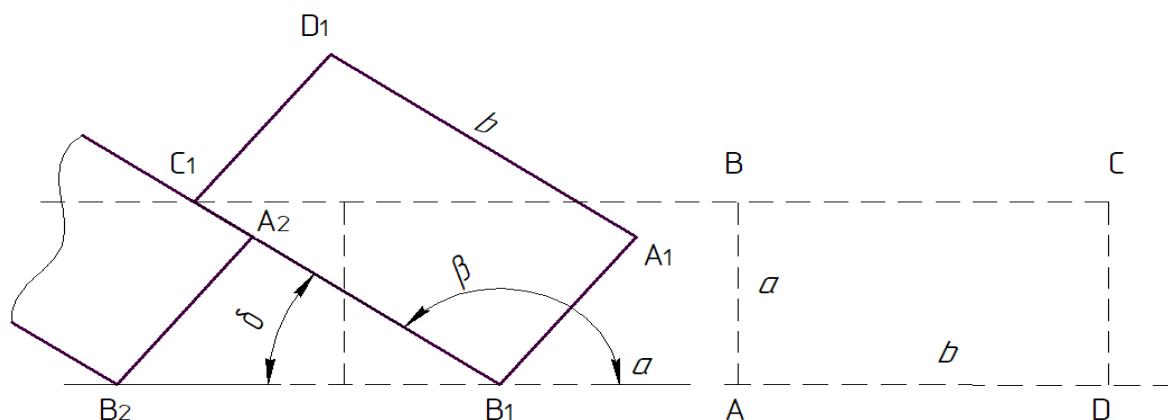


Рис. 2. Схема образования угла оборота почвенного пласта

Угол β оборота пластов зависит от соотношения глубины вспашки и ширины захвата рабочего корпуса плуга:

$$\beta = \pi - \arcsin\left(\frac{a}{b}\right),$$

где β – угол оборота пластов;

a и b – глубина вспашки и ширина захвата рабочего корпуса, м.

Из равенства следует, что угол β ни при каких реальных значениях a и b не может быть равен 180° . С увеличением глубины вспашки угол β уменьшается, доходя до $\beta_{min} = 130^\circ$, а с уменьшением глубины, допустим, до 0,16 м при ширине захвата рабочего корпуса 0,35 м этот угол увеличивается до 153° . Для дальнейшего увеличения надо изменить условия оборота.

Из рисунка 1 можно сделать заключение, что несогласованность укладки пластов начинается с некорректной работы первого рабочего корпуса, который вырезает из почвенной поверхности пласт П1 и оставляет слишком узкую борозду, в которой не может разместиться пласт П2, поскольку он, перекачиваясь, уже прошел часть этой борозды. Очевидно, что ширина первой борозды должна быть увеличена на толщину вырезанного пласта, то есть на величину глубины вспашки. Тогда пласт П2 свободно уляжется на дно расширенной борозды Б1 и не будет мешать пласту П3 также свободно частично уложиться в борозду Б1, а частично в борозду Б2. При этом все борозды, кроме первой, остаются обычными, равными по своей ширине захвату рабочего корпуса (рис. 3).

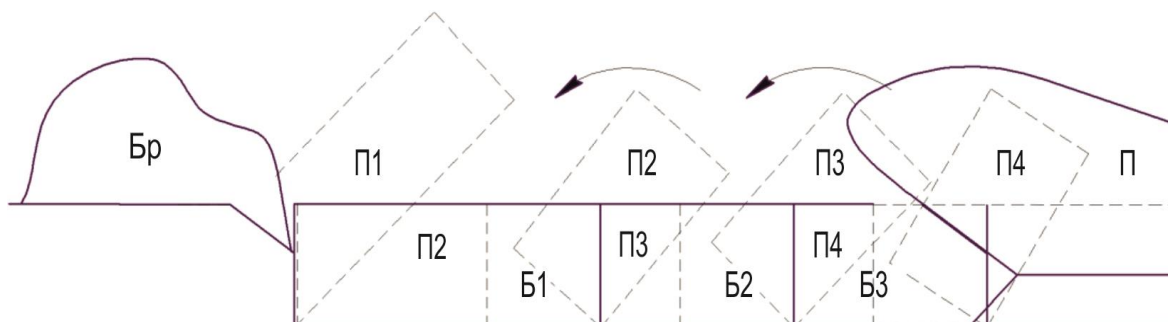


Рис. 3. Схема укладки пластов по перспективной технологии вспашки: Б1, Б2, Б3 – номера борозд; П1, П2, П3, П4 – номера почвенных пластов; Бр – бруствер; П – плуг; — — границы борозд; - - - - контуры пластов

Приведенные геометрические построения показывают, что при условии сохранения пластами своей прямоугольной формы их можно уложить перевернутыми на 180° на дно борозды. При этом поверхность вспаханного поля будет гладкой, не требующей дополнительной операции по выравниванию, и семена сорной растительности будут спрятаны до самого дна борозды, откуда они при прорастании не смогут выйти на поверхность и погибнут. Прямоугольная форма пластов сохраняется в большей мере при применении отвалов с меньшей крошащей способностью, например полувинтовых, а также при вспашке глинистых и задернелых почв, свойственных целинным и залежным территориям. В случае применения переоборудованных плугов на обычных черноземах полуразрушенные пласты будут укладываться с оборотом на больший угол, чем при традиционной вспашке.

Конструктивная реализация

Расширить первую борозду можно только за счет установки дополнительного органа. С точки зрения однотипности конструктивных решений следует применить такой же рабочий корпус, каким оснащен плуг [14]. Расстановка корпусов в передней части рамы изменяется. Передний корпус 5 (рис. 4) следует передвинуть вперед строго по направлению движения плуга настолько, чтобы разместить за ним точно такой же дополнительный корпус 7, который настраивают на ту же глубину вспашки и сдвигают по отношению к переднему корпусу в сторону пахоты на величину, равную глубине вспашки. Вариант взаимного расположения переднего корпуса 5 и дополнительного 7 (вид спереди) приведен на рисунке 5.

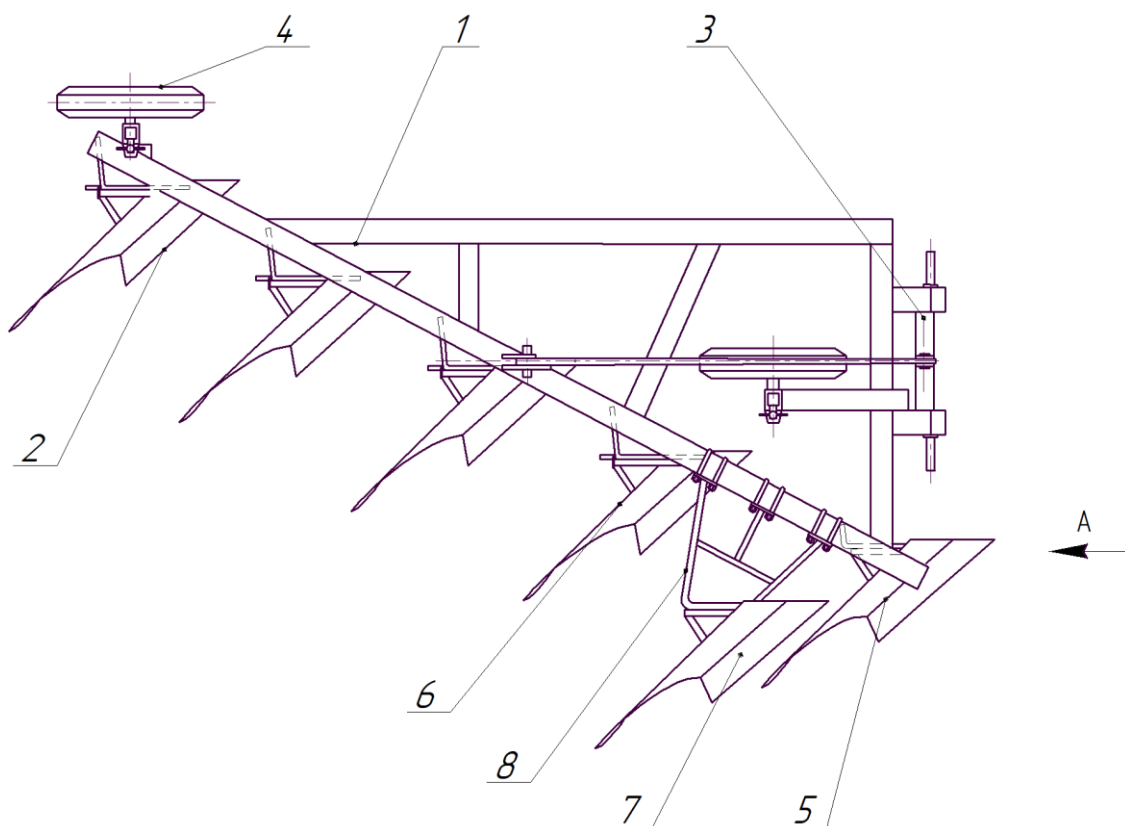


Рис. 4. Пятикорпусный навесной плуг, переоборудованный для выполнения гладкой вспашки:
 1 – рама плуга; 2 – задний рабочий корпус; 3 – навеска; 4 – опорное колесо; 5 – передний рабочий корпус; 6 – второй рабочий корпус; 7 – дополнительный рабочий корпус; 8 – кронштейны крепления дополнительного рабочего корпуса

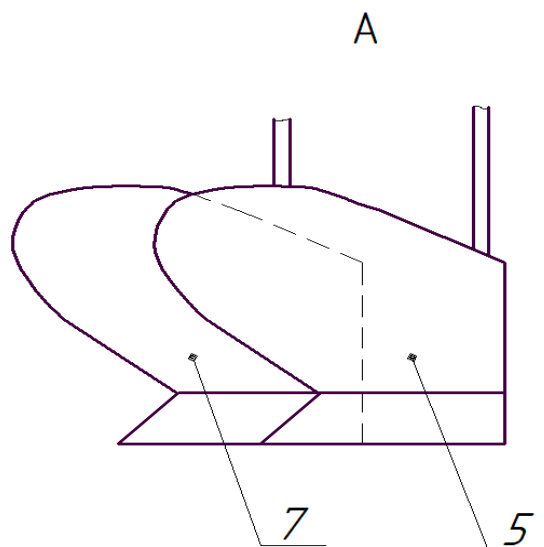


Рис. 5. Вариант взаимного расположения первого (5) и дополнительного (7) рабочих корпусов (вид спереди)

При первом рабочем проходе переоборудованной конструкции плуга передний рабочий корпус нарезает первую борозду как обычно, шириной b , которая сразу же расширяется дополнительным корпусом до размера $(b + a)$. Извлеченная с глубины почва без всякого перекатывания поднимается и укладывается на поверхность поля (рис. 3) в виде бруствера (Бр). Второй пласт и все остальные последующие пласты перекатываются по предыдущим бороздам и укладываются в них с полным оборотом. При следующих рабочих проходах дополнительный рабочий корпус обновляет открытую борозду, очищая ее от осыпавшейся почвы, тем самым поддерживаются условия для совершения полного оборота пластов всеми корпусами.

Заключение

Предлагаемая технология отвальной вспашки выполняется обычными рабочими корпусами уже существующих моделей плугов, гладкая вспашка получается свободным перекатыванием пластов без риска забивания узких технологических проходов между заплужниками и отвалами у фронтальных плугов, оборачивающих пласты в собственных бороздах.

В связи с полным оборотом пластов и свободными технологическими проходами переоборудованные плуги не имеют ограничений по глубине обработки, связанных с устойчивостью пластов после прохода плуга. При полном обороте почвенных пластов гарантированно обеспечивается глубокая заделка семян сорных растений, при этом отсутствует необходимость применения предплужников, что снижает тяговое сопротивление плуга.

Список источников

1. Афонин А.Е., Чуданов И.А., Лигаева Л.Ф. Совершенствование почвообрабатывающих орудий основной обработки почвы в среднем Поволжье // Проблемы земледелия среднего Поволжья: сборник статей. Самара: Солдат Отечества, 1997. С. 92–93.
2. Бойков В.М. Новые способы и технические средства основной обработки почвы. Саратов: Издательство Саратовского университета, 1998. 56 с.
3. Борисенко И.Б., Пындак В.И., Лобойко В.Ф. Комплексное орудие для основной обработки почвы // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2009. № 1. С. 9–10.
4. Борисенко И.Б. Ресурсосберегающий «анти-нулевой» чизельный орган «РАНЧО» – универсальный помощник аграриям // Научно-агрономический журнал. 2010. № 2(7). С. 48–50.

5. Василенко В.В., Афоничев Д.Н., Василенко С.В. и др. Обоснование направления вибрации почвообрабатывающего рабочего органа // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2017. № 4(55). С. 134–139. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2017.4.134.
6. Горячкин В.П. Собрание сочинений в 3 т. 2-е изд. Москва: Колос, 1965. Т. 2. 459 с.
7. Желиговский В.А. Теоретические основы технологического процесса вспашки // Труды ВИСХОМ, 1969. № 5. С. 23–30.
8. Кашаев Б.А., Сизов О.А., Бурченко П.Н. Тенденции развития технологий и средств механизации обработки почвы. Москва: ВНИИТЭИагропром, 1988. 50 с.
9. Лобачевский Я.П., Колчина Л.М. Современное состояние и тенденции развития почвообрабатывающих машин. Москва: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. 115 с.
10. Отвальный плуг для полного оборота пластов: пат. на полезную модель 180446 Рос. Федерация. № 2018106155; заявл. 19.02.2018; опубл. 14.06.2018. Бюл. № 17. 5 с.
11. Панов И.М., Ветохин В.И. Современное состояние и перспективы развития земледельческой механики в свете трудов В.П. Горячкина // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина». 2008. № 2(27). С. 9–14.
12. Панов И.М. Перспективы развития конструкций почвообрабатывающих машин и орудий // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1987. № 3. С. 13–15.
13. Плуг для гладкой пахоты: пат. 2420937 Рос. Федерация. № 2009144433-21; заявл. 30.11.2009; опубл. 20.06.2011. Бюл. № 10. 7 с.
14. Способ отвальной вспашки и устройство для его осуществления: пат. 2768733 Рос. Федерация. № 2021112321; заявл. 27.04.2021; опубл. 24.03.2022. Бюл. № 9. 7 с.
15. Сакун В.А., Лобачевский Я.П., Сизов О.А. Современный этап и пути дальнейшего развития пахотных агрегатов // Техника в сельском хозяйстве. 1991. № 3. С. 9–12.
16. Тимошенко Ф.А., Василенко В.В., Василенко С.В. Вибрирующая стойка рабочего корпуса плуга // Молодежный вектор развития аграрной науки: материалы 67-й студенческой научной конференции (Воронеж, 01 марта – 08 июня 2016 г.). Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. Ч. II. С. 289–293.
17. Хахулин А.Н. Влияние ширины захвата рабочих корпусов плуга на подавление сорной растительности // Инновационные технологии и технические средства для агропромышленного комплекса: материалы научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (Воронеж, 26–27 ноября 2015 г.). Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2015. С. 12–14.
18. Хахулин А.Н. Разработка плуга с полным оборотом почвенных пластов // Инновационные технологии на базе фундаментальных научных разработок – прорыв в будущее: сборник докладов конференции (Воронеж, 25–26 ноября 2016 г.). Воронеж: Воронежский ЦНТИ – филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго РФ, 2015. С. 49–51.
19. Хвыля К.С. Кинематика и динамика пласта при вспашке лемешным плугом. Кинематика пласта // Труды Днепропетровского СХИ. Киев, 1956. Т. VI. С. 117–143.

References

1. Afonin A.E., Chudanov I.A., Ligastayev L.F. Sovershenstvovanie pochvoobrabatyvayushchikh orudiy osnovnoj obrabotki pochvy v srednem Povolzhie. Problemy zemledeliya srednego Povolzh'ya: sbornik statej [Improvement of soil-cultivating tools for the main tillage in the middle Volga region. Problems of agriculture of the Middle Volga region: collection of articles]. Samara: Soldat Otechestva Press; 1997:92-93. (In Russ.).
2. Boikov V.M. Novye sposoby i tekhnicheskie sredstva osnovnoj obrabotki pochvy [New methods and technical means of basic tillage]. Saratov: Saratov University Press; 1998. 56 p. (In Russ.).
3. Borisenko I.B., Pyndak V.I., Loboyko V.F. Kompleksnoe orudie dlya osnovnoj obrabotki pochvy [Integrated tool for basic tillage]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozajstva = Mechanization and electrification of agriculture*. 2009;1:9-10. (In Russ.).
4. Borisenko I.B. Resursosberegayushchij "antinulevoj" chizelnyj organ "RANChO" – universalnyj pomoshchnik agrariyam [Resource-saving "anti-zero" chisel body "RANChO" is a universal assistant to farmers]. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal = Scientific Agronomy Journal*. 2009;11:15. (In Russ.).
5. Vasilenko V.V., Afonichev D.N., Vasilenko S.V. et al. Obosnovanie napravleniya vibratsii pochvoobrabatyvayushchego rabocheho organa [Substantiation of the direction of vibration of soil-tilling working body]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2017;4(55):134-139. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2017.4.134. (In Russ.).
6. Goryachkin V.P. Sbranie sochinenij v 3 t. T. 2. 2-e izd. [Collected works issued in 3 volumes]. Moscow: Kolos; 1965. Vol. 2. 459 p. (In Russ.).
7. Zheligovsky V.A. Teoreticheskie osnovy tekhnologicheskogo protsessa vspashki [Theoretical foundations of the technological process of plowing]. *Trudy Vsesoyuznogo nauchno-issledovatel'skogo instituta sel'skokhozyajstvennogo mashinostroeniya imeni V.P. Goryachkina (Trudy VISKhOM) = Proceedings of All-Russian Research Institute of Agricultural Engineering*. 1969;5:23-30. (In Russ.).
8. Kashaev B.A., Sizov O.A., Burchenko P.N. Tendentsii razvitiya tekhnologij i sredstv mekhanizatsii obrabotki pochvy [Trends in the development of technologies and means of mechanization of soil treatment]. Moscow: All-Russian Research Institute of Technical and Economic Research of Agro-Industrial Complex; 1988. 50 p. (In Russ.).

9. Lobachevsky Ya.P., Kolchin L.M. Sovremennoe sostoyanie i tendentsii razvitiya pochvoobrabatyvayushchikh mashin [Current state and development trends of soil-cultivating machines]. Moscow: Rosinformagrotech; 2005. 115 p. (In Russ.).

10. Otvalnyj plug dlya polnogo oborota plastov [Moldboard plough for a full turn of layers]: patent na poleznuyu model 180446 Ros. Federatsiya. № 2018106155; zayavleno 19.02.2018; opublikovano 14.06.2018. Byul. № 17 = Utility Model Patent 180446 Russian Federation. No. 2018106155, claimed 19.02.2018; published 14.06.2018. Bulletin 17. 5 p. (In Russ.).

11. Panov I.M., Vetokhin V.I. Sovremennoye sostoyaniye i perspektivy razvitiya zemledelcheskoj mekhaniki v svete trudov V.P. Goryachkina [The current state and prospects for the development of agricultural mechanics in the light of the works of V.P. Goryachkin]. *Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet im. V.P. Goryachkina» = Vestnik of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin"*. 2008;2(27):9-14. (In Russ.).

12. Panov I.M. Perspektivy razvitiya konstruktij pochvoobrabatyvayushchikh mashin i orudij [Prospects for the development of designs of soil-cultivating machines and tools]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozajstva = Mechanization and Electrification of Agriculture*. 1987;3:13-15. (In Russ.).

13. Plug dlya gladoj pakhoty [Plow for smooth plowing]: patent 2420937 Ros. Federatsiya. № 2009144433-21; zayavleno 30.11.09; opublikovano 20.06.11. Byul. № 10 = Patent 2420937 Russian Federation. No. 2009144433-21, claimed 30.11.2009; published 20.06.2011. Bulletin 10. 7 p. (In Russ.).

14. Sposob otvalnoj vspashki i ustrojstvo dlya ego osushchestvleniya [Method of moldboard plowing and the device for its implementation]: patent 2768733 Ros. Federatsiya. № 2021112321; zayavleno 27.04.21; opublikovano 24.03.22. Byul. № 9 = Patent 2768733 Russian Federation. No. 2021112321, claimed 27.04.2021; published 24.03.2022. Bulletin 9. 7 p. (In Russ.).

15. Sakun V.A., Lobachevsky Ya.P., Sizov O.A. Sovremennyy etap i puti dalnejshego razvitiya pakhotnykh agregatov [Modern stage and ways of further development of arable aggregates]. *Tekhnika v sel'skom khozajstve = Agricultural Machinery*. 1991;3:9-12. (In Russ.).

16. Timoshenko F.A., Vasilenko V.V., Vasilenko S.V. Vibriuyushchaya stojka rabocheho korpusa pluga. Molodezhnyj vektor razvitiya agrarnoj nauki: materialy 67-j studencheskoj nauchnoj konferentsii (Voronezh, 01 marta - 08 iyunya 2016 g.) [Vibrating rack of the working body of the plow. Youth Vector of Agricultural Science Development: Proceedings of the 67th Student Scientific Conference (Voronezh, March 01 - June 08, 2016)]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press. 2016;2:289-293. (In Russ.).

17. Khakhulin A.N. Vliyanie shiriny zakhvata rabochikh korpusov pluga na podavlenie sornoj rastitelnosti. Innovatsionnye tekhnologii i tekhnicheskie sredstva dlya agropromyshlennogo kompleksa: materialy nauchnoj konferentsii professorsko-prepodavatel'skogo sostava, nauchnykh sotrudnikov i aspirantov (Voronezh, 26-27 noyabrya 2015 g.) [The influence of the width of the working bodies of the plow on the suppression of weed vegetation. Innovative technologies and technical means for Agro-Industrial Complex: Proceedings of the scientific conference of the teaching staff, researchers and postgraduates (Voronezh, November 26-27, 2015)]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press. 2015:12-14. (In Russ.).

18. Khakhulin A.N. Razrabotka pluga s polnym oborotom pochvennykh plastov. Innovatsionnye tekhnologii na baze fundamental'nykh nauchnykh razrabotok – proryv v budushchee: sbornik dokladov konferentsii (Voronezh, 25-26 noyabrya 2016 g.) [Development of a plow with a full turnover of soil layers. Innovative technologies based on fundamental scientific developments – a breakthrough into the future: collection of conference reports (Voronezh, November 25-26, 2016)]. Voronezh: Voronezh Central Research Institute – Branch of the Federal State Budgetary Institution "REA" of the Ministry of Energy of the Russian Federation; 2015:12-14. (In Russ.).

19. Khvylya K.S. Kinematika i dinamika plasta pri vspashke lemeshnym plugom. Kinematika plasta. Trudy Dnepropetrovskogo sel'skokhozyajstvennogo instituta [Kinematics and dynamics of the soil layer during plowing with share plough. Kinematics of the soil layer. Proceedings of Dnepropetrovsk Agricultural Institute]. Kyiv; 1956. 6:117-143. (In Russ.).

Информация об авторах

С.В. Василенко – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры прикладной механики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», tuli-fruli@mail.ru.

В.В. Василенко – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», vladva.vasilenko@yandex.ru.

Information about the authors

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.

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.

Статья поступила в редакцию 04.04.2023; одобрена после рецензирования 28.05.2023; принята к публикации 09.06.2023.

The article was submitted 04.04.2023; approved after reviewing 28.05.2023; accepted for publication 09.06.2023.

© Василенко С.В., [Василенко В.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_3_151

EDN: JQDCWV

Методика аналитического определения действительной траектории поворота колесной машины

Александр Николаевич Беляев^{1✉}, **Татьяна Владимировна Тришина**²,
Алексей Евгеньевич Новиков³, **Павел Викторович Шередекин**⁴,
Ирина Алевтиновна Высоцкая⁵

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

⁴Институт защиты семян компании «Сингента», Рамонский район, Воронежская область, Россия

⁵Военный 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

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

Аннотация. Действительная траектория, описываемая характерными точками колесной машины при криволинейном движении, является одной из основных характеристик, с использованием которой можно достаточно объективно оценить ее устойчивость и управляемость, изучить кинематику и динамику при выполнении различных технологических операций. В основу разработанной авторами методики аналитического описания действительной траектории движения кинематического центра при круговом беспетлевом повороте колесной машины положена ее теоретическая траектория, представленная функцией явного вида, и коэффициент сдвига, корректирующий участки входа в поворот и установившегося поворота. Функция явного вида теоретической кривой траектории предварительно получена нелинейной аппроксимацией параметрических функций ее декартовых координат. Корректирующий коэффициент выбран на основе анализа массива экспериментальных точек абсцисс и ординат, определенных экспериментально в реальных эксплуатационных условиях, кривой траектории, описываемой кинематическим центром колесной машины с принятыми к исследованию базовыми характеристиками. Явная аналитическая функция для действительной траектории кругового беспетлевого поворота до его максимальной ординаты получена путем последовательного «умножения» теоретической функции явного вида для участка входа в поворот и формулы для определения теоретического радиуса кривизны для этой же кривой на корректирующий коэффициент сдвига, имеющий для выбранных эксплуатационных условий постоянное значение $k = 1,2$. При рассматриваемых вариантах расчета полученные на основе теоретических аппроксимирующих параметрических функций кривых входа в поворот радиусы кривизны не более чем на 1% отличаются от их значений, рассчитанных с использованием параметрических уравнений. Сравнение графиков действительных траекторий движения с экспериментальными данными позволяет также сделать вывод о корректности предлагаемой методики, так как расхождение результатов не превышает 2,5%.

Ключевые слова: колесная машина, траектория, поворот, радиус кривизны, координата, устойчивость движения, функция явного вида, корректирующий коэффициент

Для цитирования: Беляев А.Н., Тришина Т.В., Новиков А.Е., Шередекин П.В., Высоцкая И.А. Методика аналитического определения действительной траектории поворота колесной машины // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 3(78). С. 151–158. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_151-158.

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

Original article

Procedure for analytical determination of the actual turning trajectory of a wheeled vehicle

Aleksandr N. Belyaev^{1✉}, **Tatyana V. Trishina**², **Aleksey E. Novikov**³,
Pavel V. Sheredekin⁴, **Irina A. Vysotskaya**⁵

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

⁴The Seedcare Institute, Syngenta Global, Science-Based Agtech Company, Ramonsky District, Voronezh Oblast, Russia

⁵Military Educational and Scientific Centre of the Air Force N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy (Voronezh) the Ministry of Defence of the Russian Federation

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

Abstract. The actual trajectory described by the characteristic points of a wheeled vehicle in curved motion is one of the main characteristics, using which it is possible to fairly objectively assess its stability and controllability, study kinematics and dynamics when performing various technological operations. The authors proposed the methodology for the analytical description of the actual trajectory of the motion of the kinematic center during a circular loop-free rotation of a wheeled vehicle which is based on its theoretical trajectory, represented by an explicit function, and the correction factor of the entrance to the turn and the steady-state rotation. The function of the explicit form of the theoretical curve of the trajectory is preliminarily obtained by nonlinear approximation of parametric functions of its Cartesian coordinates by nonlinear approximation. The correction factor was chosen based on the analysis of an array of experimental abscissa and ordinate points determined experimentally in real operating conditions, the trajectory curve described by the kinematic center of a wheeled vehicle with the basic characteristics accepted for the study. An explicit analytical function for the actual trajectory of a circular loop-free turn to its maximum ordinate is obtained by sequentially “multiplying” an explicit theoretical function for the turn entrance section and a formula for determining the theoretical radius of curvature for the same curve by a correction shift coefficient having a constant value of $k = 1.2$ for the selected operating conditions. In the considered calculation options, the radii of curvature obtained on the basis of theoretical approximating parametric functions of the curves of the entrance to the turn do not differ by more than 1% from their values calculated using parametric equations. At the same time, a comparison of graphs of actual motion trajectories based on parametric functions with experimental data also enables to conclude that the proposed methodology and the studies carried out are correct, since the discrepancy between the results does not exceed 2.5%.

Keywords: wheeled vehicle, trajectory, turn, radius of curvature, coordinate, stability of the motion, explicit function, correction factor

For citation: Belyaev A.N., Trishina T.V., Novikov A.E., Sheredekin P.V., Vysotskaya I.V. Procedure for analytical determination of the actual turning trajectory of a wheeled vehicle. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(3):151-158. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_151-158.

Введение
Колесная машина должна совершать движение по траектории, определяемой водителем, и изменять ее своевременно в соответствии с величиной управляющих воздействий [7, 13, 14]. Однако в реальных условиях функционирования под воздействием многочисленных факторов как эксплуатационного, так и конструктивного характера происходит значительное отклонение действительной траектории движения машины от требуемой [2, 3].

Известные оценочные параметры устойчивости движения колесной машины, полученные в ходе проведения экспериментов, отличающихся, как правило, используемыми методиками, характеризуют в основном систему «водитель – машина», а не саму машину, поэтому полученные при этом результаты испытаний, проведенных в различных условиях с разными водителями, могут оказаться несопоставимыми, так как включают в себя субъективные входные показатели [10, 11, 16, 17, 18].

Практически любой совершаемый во время движения маневр может являться поворотом, поэтому особое значение приобретает проблема сохранения и повышения устойчивости при криволинейном движении, которое является одним из сложных и опасных режимов эксплуатации. Весьма важным условием качества выполняемого технологического процесса, а также безопасности движения на повороте является правильный выбор траектории движения, поэтому для анализа и оценки устойчивости колесной машины при криволинейном движении, а также выявления причин ее потери необходимо иметь представление о теоретической и действительной траекториях, описываемых характерными (базовыми) точками движущегося средства, например серединой заднего моста, обычно принимаемой за кинематический центр, в условиях не только установившегося поворота с постоянным радиусом, но и с переменным положением центра кривизны [1, 6]. В связи с этим методика теоретических и экспериментальных исследований основана на данных анализа участка входа в поворот и участка установившегося поворота кругового беспетлевого поворота, включающего в себя основные элементы, которые выполняет машина при криволинейном движении [2, 12].

В соответствии с отмеченным выше целью научно-исследовательской работы является разработка методики аналитического получения действительной траектории движения кинематического центра колесной машины при совершении кругового беспетлевого поворота.

Методика исследования

При исследовании устойчивости криволинейного движения колесной машины важно определить, насколько траектория, задаваемая водителем, будет отличаться от действительной, поэтому для ее сравнительной оценки более корректно использовать функцию явного вида [5, 9, 15].

В работе [2] разработан алгоритм расчета и построения теоретической траектории движения кинематического центра колесной машины с передними управляемыми колесами при криволинейном движении в виде функции явного вида, полученной нелинейной аппроксимацией параметрических уравнений ее координат x и y для этапа входа в поворот и склейкой с окружностью постоянного радиуса участка установившегося поворота, и проведена его апробация при следующих конструктивных и эксплуатационных параметрах:

- скорость поступательного движения – $v = 2,556$ м/с;
- угловая скорость поворота управляемых колес – $\omega = 0,155$ 1/с;
- продольная база – $L = 2,78$ м;
- максимальный средний угол поворота управляемых колес – $\alpha_{max} = 0,62$;
- время движения до окончания маневра входа в поворот – $t = 4$ с.

Аппроксимирующие функции явного вида, соответствующие указанным характеристикам машины, для траектории участка входа в поворот и траектории кругового беспетлевого поворота, окончание которого приходится на его максимальную ординату, получены в следующем виде [8, 9]:

$$y_B(x) = 6,445x^{0,33} - 0,0848x^{1,932} . \tag{1}$$

$$y_{II}(x) = \begin{cases} 6,445x^{0,33} - 0,085x^{1,932}, & x < 3,643 \\ 5,168 + \sqrt{15,163 - (x - 4,924)^2}, & x > 3,643 \end{cases} . \tag{2}$$

При этом радиус кривизны траектории входа в поворот, описываемый функцией $y(x)$ (1), определяется по следующей формуле [8, 9]:

$$\rho(x) = - \frac{\left(1 + \left(\frac{2,128}{x^{0,67}} - 0,164x^{0,932}\right)^2\right)^{1,5}}{\frac{1,425}{x^{1,67}} - \frac{0,153}{x^{0,068}}} . \tag{3}$$

Координаты окончания траектории участка входа в поворот (1) и центра кривизны сопрягаемой с ним окружности траектории установившегося поворота (3) будут соответственно следующими:

- $x_{Bmax} = 3,643$ м;
- $y_{Bmax} = 8,845$ м;
- $x_0 = 4,924$ м;
- $y_0 = 5,168$ м.

Используя ту же методику [2] при тех же конструктивных параметрах колесной машины, но при других эксплуатационных – $v = 1,86$ м/с, $\omega = 0,31$ 1/с и $t = 2$ с – рассчитываем аналогичные характеристики по следующим формулам:

$$y_B(x) = 4,625x^{0,333} - 0,236x^{1,5}; \quad (4)$$

$$y_{\Pi}(x) = \begin{cases} 4,625x^{0,333} - 0,236x^{1,5}, & x < 0,528; \\ 1,974 + \sqrt{15,163 - (x - 4,043)^2}, & x > 0,528; \end{cases} \quad (5)$$

$$\rho(x) = - \frac{(1 + (\frac{1,539}{x^{0,667}} - 0,353x^{0,5})^2)^{1,5}}{\frac{1,027}{x^{1,667}} - \frac{0,177}{x^{0,5}}}. \quad (6)$$

Значения максимальных координат участка входа в поворот для данного варианта (4) – $x_{Bmax} = 0,528$ м, $y_{Bmax} = 3,648$ м, центр кривизны сопрягаемой с ним окружности (6) лежит в точке с координатами $x_0 = 4,043$ м, $y_0 = 1,974$ м.

В результате расчета по формулам (3) и (6) получены значения радиусов кривизны в конце участка входа в поворот соответственно $R = 3,899$ м и $R = 3,9$ м, которые гораздо менее чем на 1% отличаются от теоретического – $R = 3,894$ м [7, 14], что позволяет считать выполненные действия при проведении аппроксимации исходных параметрических функций корректными [2].

Результаты расчетов, выполненных по уравнениям (2) и (5), наглядно представлены на рисунке 1.

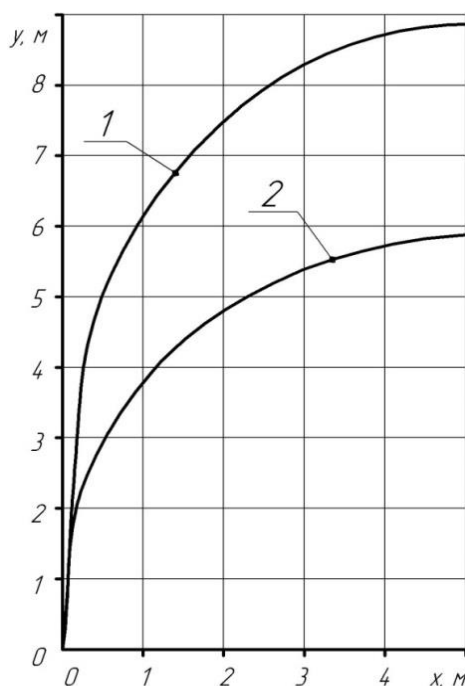


Рис. 1. Графики теоретических функций кривых траекторий входа в поворот и установившегося поворота: 1 – $v = 2,556$ м/с, $\omega = 0,155$ 1/с; 2 – $v = 1,86$ м/с, $\omega = 0,31$ 1/с

Исходя из анализа массива экспериментальных точек абсцисс (x) и ординат (y) кривой траектории, описываемой кинематическим центром колесной машины с теми же базовыми характеристиками, для аналитического получения действительной траектории принят корректирующий коэффициент сдвига теоретической траектории $k = 1,2$ [8]. Тогда, используя (1) и (4), имеем уравнения действительной траектории входа в поворот для рассматриваемых вариантов

$$y_{B1}(x) = k y_B = 7,734x^{0,33} - 0,1018x^{1,932}; \quad (7)$$

$$y_{B1}(x) = k y_B = 5,55x^{0,333} - 0,283x^{1,5}. \quad (8)$$

Радиусы окружностей постоянной кривизны участков установившегося поворота в связи с этим рассчитываются по формуле, приведенной в работе [9]:

$$\rho_1(x) = \frac{(1+k^2 y_x'^2)^{1,5}}{|k y_x''|}, \quad (9)$$

и с учетом уравнений (3) и (6) соответственно для первого и второго случаев будут определяться по следующим выражениям [8]:

$$\rho_1(x) = - \frac{\left(1 + \left(\frac{3,0643}{x^{0,67}} - 0,23x^{0,932}\right)^2\right)^{1,5}}{-\frac{1,71}{x^{1,67}} - \frac{0,184}{x^{0,068}}}; \quad (10)$$

$$\rho_1(x) = - \frac{\left(1 + \left(\frac{2,216}{x^{0,667}} - 0,508x^{0,5}\right)^2\right)^{1,5}}{-\frac{1,232}{x^{1,667}} - \frac{0,212}{x^{0,5}}}. \quad (11)$$

Тогда аппроксимирующие функции, описывающие реальные траектория движения принимают вид:

$$y_{П1}(x) = \begin{cases} 7,734x^{0,33} - 0,1018x^{1,932}, & x < 3,643 \\ 8,043 + \sqrt{7,769 - (x - 4,717)^2}, & x > 3,643 \end{cases}; \quad (12)$$

$$y_{П1}(x) = \begin{cases} 5,55x^{0,333} - 0,283x^{1,5}, & x < 0,528 \\ 5,772 + \sqrt{5,575 - (x - 3,385)^2}, & x > 0,528 \end{cases}. \quad (13)$$

Результаты и их обсуждение

На рисунках 2 и 3 представлены графики действительных траекторий движения (9) и (10) и точек экспериментальных данных для исследуемых случаев.

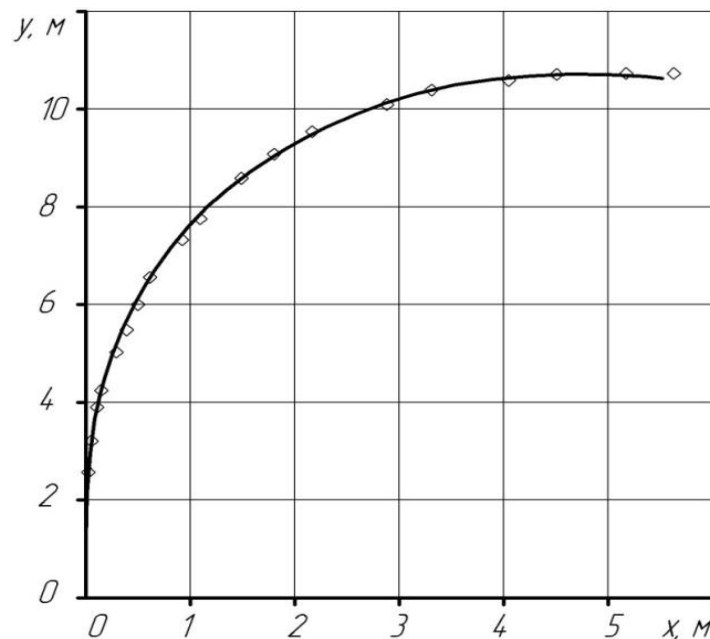


Рис. 2. Сравнение графика действительной траектории движения с экспериментальными данными при $v = 2,556$ м/с, $\omega = 0,155$ 1/с

При разработке алгоритма принято, что максимальные значения абсцисс действительных траекторий движения на участках входа в поворот $x_{Вmax}$ остаются неизменными, равными для аналогичных участков теоретической траектории, при этом соответствующие им ординаты, согласно уравнениям (7) и (8), равны $y_{Вmax} = 10,62$ м и $y_{Вmax} = 4,378$ м (рис. 2 и 3).

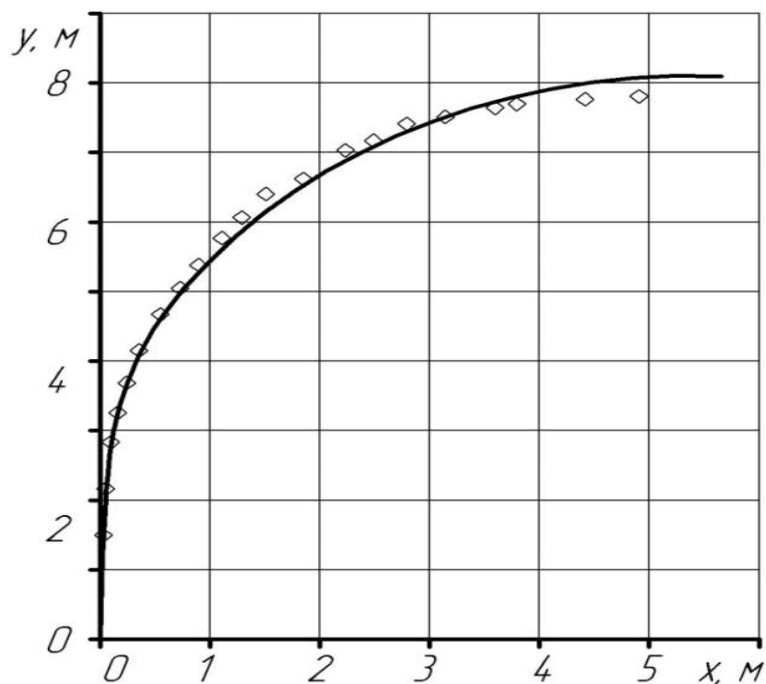


Рис. 3. Сравнение графика действительной траектории движения с экспериментальными данными при $v = 1,86$ м/с, $\omega = 0,31$ 1/с

Увеличение максимальных значений ординат действительной траектории в сравнении с теоретическими составило 16,71 и 15,85%. При этом также выявлено увеличение максимальных ординат кривых траекторий беспетлевого кругового поворота для обоих случаев в пределах 2 м, что в процентном отношении к теоретическим значениям дает 20–30%.

Сравнение кривых поворота с наложенными на них точками экспериментальных данных (рис. 2 и 3) позволяет сделать вывод о корректности проведенных исследований, так как максимальное отличие их ординат не превышает 2,5%, что дает основание использовать предложенную методику для оценки криволинейного движения колесной машины.

Выводы

1. Предложенная методика позволяет моделировать траекторию движения колесной машины, изменяя поступательную скорость движения и угловую скорость поворота управляемых колес, и выбирать параметры, необходимые для выполнения правильного беспетлевого поворота.

2. Полученная аналитическая зависимость для описания кривой траектории поворота позволяет численно оценить степень отклонения колесной машины от заданной траектории.

3. Процесс входа в поворот колесной машины является основополагающим для формирования всей траектории поворота и, следовательно, для оценки устойчивости движения.

4. Полученное значение корректирующего коэффициента сдвига $k = 1,2$ постоянно для принятых условий движения и не зависит от скорости поступательного движения колесной машины.

5. Расхождение результатов экспериментальных и теоретических исследований не превышает 2,5%, что позволяет сделать вывод о корректности проведенных исследований и рекомендовать разработанную методику для моделирования кривых траекторий поворота колесной машины.

Список источников

1. Амосов А.Г. Алгоритм построения геометрии движения специальных транспортных средств // Программные системы и вычислительные методы. 2019. № 4. С. 20–29. DOI: 10.7256/2454-0714/2019/4/30842.
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. Беляев А.Н., Шацкий В.П., Гулевский В.А. и др. Оценка бокового отклонения колесной машины от заданной траектории движения // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52, № 4. С. 120–128. DOI: 10.26898/0370-8799-2022-4-13.
4. Беляев А.Н., Шацкий В.П., Тришина Т.В. и др. Методика определения теоретической траектории поворота колесной машины // Вестник Воронежского государственного аграрного университета, 2023. Т. 16, № 1(76). С. 90–97. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_1_90.
5. Болотин С.В., Карапетян А.В., Кугушев Е.И. и др. Теоретическая механика: учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования. Москва: Издательский центр «Академия», 2010. 432 с.
6. Вольская Н.С., Игнатушин А.П. Модель поворота многоосной колесной машины на грунте // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Машиностроение». 2005. № 4. С. 81–91.
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. Maple 10/11/12/13/14 в математических расчетах. Москва: ДМК-Пресс, 2011. 800 с.
9. Дьяконов В.П. Энциклопедия компьютерной алгебры. Москва: ДМК-Пресс, 2009. 1264 с.
10. Жилейкин М.М., Скотников Г.И. Разработка принципов повышения устойчивости движения многосвязных тракторных поездов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2015. № 10. С. 19–23.
11. Жилейкин М.М., Шинкаренко В.А. Качественный анализ методов повышения управляемости и устойчивости колесных машин // Известия вузов. Сер. «Машиностроение». 2015. № 1. С. 42–48.
12. Иофинов С.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка. Москва: Колос, 1974. 430 с.
13. Скотников В.А., Маценский А.А., Солонский А.С. Основа теории и расчет трактора и автомобиля. Москва: Агропромиздат, 1986. 383 с.
14. Смирнов Г.А. Теория движения колесных машин. 2-е изд., доп. и перераб. Москва: Машиностроение, 1990. 352 с.
15. Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем: учебник для вузов. Минск: Дизайн ПРО, 1997. 640 с.
16. Трояновская И.П. Механика криволинейного движения тракторных агрегатов: монография. Челябинск: Изд-во Челябинского ГАУ, 2009. 152 с.
17. Шумилин А.В., Володин А.Н. Метод определения характеристик поворота транспортного средства на недеформируемом основании // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1993. № 8. С. 17–19.
18. Шухман С.Б., Соловьев В.И. Математическая модель криволинейного движения колеса по грунту // Известия вузов. Серия «Машиностроение». 2012. № 8. С. 24–31.

References

1. Amosov A.G. Algorithm postroeniya geometrii dvizheniya spetsial'nykh transportnykh sredstv [Algorithm for constructing the geometry of movement of special vehicles]. *Programmnye sistemy i vychislitel'nye metody = Software Systems and Computational Methods*. 2019;4:20-29. DOI: 10.7256/2454-0714/2019/4/30842. (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-rowed wheeled tractors]: dissertatsiya ... doctora tekhnicheskikh nauk = Doctoral Dissertation in Engineering Sciences: 05.20.01. Michurinsk-naukograd; 2019. 440 p. (In Russ.).
3. Belyaev A.N., Shatsky V.P., Gulevsky V.A. et al. Otsenka bokovogo otkloneniya kolesnoj mashiny ot zadannoj traektorii dvizheniya [Evaluation of the lateral deviation of a wheeled vehicle from a given trajectory]. *Sibirskij vestnik sel'skokhozyajstvennoj nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*. 2022;52(4):120-128. DOI: 10.26898/0370-8799-2022-4-13. (In Russ.).
4. Belyaev A.N., Shatsky V.P., Trishina T.V. et al. Metodika opredeleniya teoreticheskoy traektorii povorota kolesnoj mashiny [Methodology for determining the theoretical trajectory of a wheeled vehicle]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(1):90-97. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_1_90. (In Russ.).
5. Bolotin S.V., Karapetyan A.V., Kugushev E.I. et al. Teoreticheskaya mekhanika: uchebnik dlya studentov uchrezhdenij vysshego professional'nogo obrazovaniya [Theoretical mechanics: textbook for students of institutions of higher professional education]. Moscow: Publishing Center "Academiya"; 2010. 432 p. (In Russ.).
6. Vol'skaya N.S., Ignatushin A.P. Model' povorota mnogoosnoj kolesnoj mashiny na grunte [Model of turning a multi-axle wheeled vehicle on the ground]. *Vestnik MG TU im. N.E. Baumana. Seriya "Mashinostroenie" = Herald of the Bauman Moscow State Technical University. Series Mechanical Engineering*. 2005;4:81-91. (In Russ.).

7. Guskov V.V., Velev N.N., Atamanov Yu.E. et al. Traktory. Teoriya: uchebnyk 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.).
8. Diakonov V.P. Maple 10/11/12/13/14 v matematicheskikh raschetakh [Maple 10/11/12/13/14 in mathematical calculations]. Moscow: DMK-Press; 2011. 800 p. (In Russ.).
9. Diakonov V.P. Entsiklopediya komp'yuternoj algebrы [Encyclopedia of computer algebra]. Moscow: DMK-Press; 2009. 1264 p. (In Russ.).
10. Zhileykin M.M., Skotnikov G.I. Razrabotka printsipov povysheniya ustojchivosti dvizheniya mnogozvennykh traktornykh poezdov [Development of principles for improving the stability of multi-link tractor-trailer combinations]. *Traktory i sel'skokhozyajstvennyye mashiny = Tractors and Agricultural Machinery*. 2015;10:19-23. (In Russ.).
11. Zhileykin M.M., Shinkarenko V.A. Kachestvennyj analiz metodov povysheniya upravlyaemosti i ustojchivosti kolesnykh mashin [Qualitative analysis of the methods for improving the controllability and stability of wheeled vehicles]. *Izvestiya VUZov. Seriya "Mashinostroenie" = Proceedings of Higher Educational Institutions. Machine Building*. 2015;1:42-48. (In Russ.).
12. Iofinov S.A. Ekspluatatsiya mashinno-traktornogo parka [Operation of the machine and tractor fleet]. Moscow: Kolos; 1974. 430 p. (In Russ.).
13. 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.).
14. Smirnov G.A. Teoriya dvizheniya kolesnykh mashin. 2-e izd., dop. i pererab. [Theory of motion of wheeled vehicles. 2nd edition, revised and enlarged]. Moscow: Mashinostroenie Press; 1990. 352 p. (In Russ.).
15. Tarasik V.P. Matematicheskoe modelirovanie tekhnicheskikh system: uchebnyk dlya vuzov [Mathematical modeling of Engineering Systems: textbook for universities]. Minsk: Design PRO Press; 1997. 640 p. (In Russ.).
16. 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.).
17. Shumilin A.V., Volodin A.N. Metod opredeleniya kharakteristik povorota transportnogo sredstva na nedeformiruemom osnovanii [Method for determining characteristics of a vehicle rotation on a non-deformable basis]. *Traktory i sel'skokhozyajstvennyye mashiny = Tractors and Agricultural Machinery*. 1993;8:17-19. (In Russ.).
18. Shukhman S.B., Soloviev V.I. Matematicheskaya model' krivolinejnogo dvizheniya kolesa po gruntu [Mathematical model of the curvilinear motion of wheels on the ground]. *Izvestiya VUZov. Seriya. "Mashinostroenie" = Proceedings of Higher Educational Institutions. Machine Building*. 2012;8:24-31. (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.
Т.В. Тришина – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной механики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», tata344@rambler.ru.
А.Е. Новиков – ассистент кафедры прикладной механики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», novikov-alexey1@yandex.ru.
П.В. Шередекин – специалист по применению средств защиты семян, Институт защиты семян ООО «Сингента», pavel.sheredekin@syngenta.com.
И.А. Высоцкая – кандидат физико-математических наук, преподаватель кафедры математики ФГКВБОУ 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.
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.
A.E. Novikov, Assistant, the Dept. of Applied Mechanics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, novikov-alexey1@yandex.ru.
P.V. Sheredekin, Seed Protection Products Application Engineer, The Seedcare Institute, Syngenta Global, Science-Based Agtech Company, pavel.sheredekin@syngenta.com.
I.A. Vysotskaya, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Lecturer, Dept. of Mathematics, Military Educational and Scientific Centre 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 01.05.2023; одобрена после рецензирования 10.06.2023; принята к публикации 20.06.2023.

The article was submitted 01.05.2023; approved after reviewing 10.06.2023; accepted for publication 20.06.2023.

© Беляев А.Н., Тришина Т.В., Новиков А.Е., Шередекин П.В., Высоцкая И.А., 2023

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

Научная статья

УДК 633.63:613.3

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_3_159

EDN: JUJIAV

Особенности присасывания семян сахарной свеклы к ячейке диска высевающего аппарата пневматической сеялки

Алексей Михайлович Гиевский¹, Юрий Игоревич Солдатов²✉

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

²general-soldatov@mail.ru✉

Аннотация. При посеве технических культур особое внимание уделяется точности заделки семян в борозду. Как известно, одним из путей увеличения перспективной урожайности культур является оптимизация площади питания, что реализуется на стадии посева. Для сахарной свеклы сотрудниками ВНИИССиС обосновано использование схемы посева 45×15 см. Однако основной проблемой внедрения представленной схемы является отсутствие полного комплекса машин для возделывания культуры, поэтому авторами были проведены исследования по разработке делителя потока для посева семян сахарной свеклы по схеме 45×15 см для уже существующих сеялок. Экспериментальные исследования высевающего аппарата были проведены на установке в лаборатории кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ВГАУ. Приведен уточненный математический аппарат для расчета реакций, действующих на дражированное семя в момент присасывания, присасывающей силы, действующей не на площадь отверстия ячейки диска, а на площадь шарового сегмента. Механико-математический аппарат расчета реакций сопротивления семени был дополнен с учетом лобового сопротивления, возникающего при движении захваченного семени в сыпучей среде. Уточненные формулы расчета коэффициента запаса присасывающей силы позволяют спрогнозировать коэффициент заполняемости, т. к. коэффициент запаса присасывающей силы напрямую влияет на вероятность заполнения ячеек диска, что подтверждено эмпирически. Чтобы коэффициент заполняемости был на уровне 97% и выше, необходимо закладывать коэффициент запаса присасывающей силы от 1,5 до 2,5, что соответствует значению разрежения 400–600 Па. В итоге получены графики зависимости коэффициента запаса присасывающей силы от скорости вращения высевающего диска и создаваемого разрежения.

Ключевые слова: сеялка точного высева, сахарная свекла, процесс присасывания, силы сопротивления присасыванию, коэффициент запаса присасывающей силы, коэффициент заполняемости ячеек диска

Для цитирования: Гиевский А.М., Солдатов Ю.И. Особенности присасывания семян сахарной свеклы к ячейке диска высевающего аппарата пневматической сеялки // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 3(78). С. 159–168. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_159–168.

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

Original article

Features of sugar beet seed suckling to the disc cell of the sowing apparatus of a pneumatic seed drill

Aleksey M. Gievskiy¹, Yuri I. Soldatov²✉

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

²general-soldatov@mail.ru✉

Abstract. When sowing industrial crops, special attention is paid to the accuracy of embedding seeds in the furrow. As is commonly known, one of the ways to increase the predicted yield of crops is to optimize the feeding area, which is implemented at the sowing stage. For sugar beet, employees of All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar (VNISSiS) justified the use of a 45×15 cm sowing scheme. However, the main problem of implementing the presented scheme is the lack of a complete complex of machines for cultivating crops, therefore, the authors conducted research aimed at developing a flow divider for sowing sugar beet seeds according to the 45×15 cm scheme for existing seeders. Experimental studies of the seeding apparatus were carried out at the installation in the laboratory of the Department of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University. A

revised mathematical apparatus is considered for calculating the reactions acting on the dress seed at the moment of suction, the suction force acting not on the area of the opening of the disc cell, but on the area of the ball segment. The mechanical and mathematical apparatus for calculating seed resistance reactions was supplemented by taking into account the front drag that occurs when the captured seed moves in a loose medium. The revised formulas for calculating the reserve coefficient of the suction force make it possible to predict the fill rate, since the coefficient of the reserve of the suction force directly affects the probability of filling the disk cells, which is confirmed empirically. In order for the fill rate to be at the level of 97% or higher, it is necessary to lay the coefficient of the reserve of the suction force from 1.5 to 2.5, which corresponds to the reduced pressure value of 400-600 Pa. As a result, graphs of the dependence of the reserve coefficient of the suction force on the rotation speed of the sowing disc and the created reduced pressure are obtained.

Keywords: precision seeddrill, sugar beet, suction process, suction resistance forces, reserve coefficient of suction force, filling coefficient of disk cells

For citation: Gievskiy A.M., Soldatov Yu.I. Features of sugar beet seed suckling to the disc cell of the sowing apparatus of a pneumatic seed drill. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(3):159-168. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_159-168.

Посев технических культур требует особого внимания к точности заделки семян в борозду. В Центрально-Черноземном регионе для этой цели широко применяются пневматические сеялки точного высева таких производителей, как Kverneland, Väderstad, Gaspardo, Lemken, Техника Сервис Агро, Ритм и др. По сравнению с механическими аналогами, пневматические высевающие аппараты обладают рядом преимуществ – меньше травмируют семена и обеспечивают более точную заделку семян в борозду, особенно конструкции, основанные на принципе избыточного давления.

В сеялках с вакуумным высевающим аппаратом процесс высева семян подразделяется на следующие этапы: захват (присасывание), удаление лишних семян, транспортирование, сброс. Существенное влияние на точность посева оказывает процесс захвата семени из предварительной камеры, так как этот процесс больше всего подвержен воздействию случайных факторов.

На стадии посева одним из путей увеличения перспективной урожайности технических культур является оптимизация площади питания. В 2019 г. зарубежные специалисты компании Lemken презентовали сеялку Azurit 9/8.75 KD [14], которая отличается не только использованием центрального семенного 600-литрового бункера на все высевающие секции, но и реализацией технологии DeltaRow, основа которой – высев семян технических культур в ряд из 2-х полурядов на расстоянии 12,5 см друг от друга, между которыми вносятся удобрения. За счет такого расположения увеличивается площадь питания каждого растения до 70% [1], что позитивно влияет на их перспективную урожайность.

Для сахарной свеклы сотрудниками Всероссийского научно-исследовательского института сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова обосновано использование схемы посева 45×15 см, которая подробно описана в работе [7]. Чтобы реализовать предложенную схему на практике, были предложены отечественные сеялки, в том числе защищенные патентами [5, 12]. Однако основной проблемой внедрения представленных схем для сахарной свеклы является отсутствие полного комплекса машин для возделывания культуры, поэтому авторами были проведены исследования по разработке делителя потока для посева семян сахарной свеклы по схеме 45×15 см для уже существующих сеялок. При разработке универсального делителя потока для сеялок точного высева необходимо учитывать процессы, происходящие внутри высевающего аппарата. В представленной статье акцентировано внимание на изучении процесса присасывания дражированных семян сахарной свеклы к отверстиям диска пневматической сеялки точного высева.

Объектом исследования является высевающий аппарат пневматической сеялки точного высева ТС-М-4150А, производимый в Воронежской области. Предметом исследования были выбраны силы, действующие на семя в высевающем аппарате исследуемой сеялки.

Экспериментальные исследования высевающего аппарата были проведены на установке в лаборатории кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей Воронежского государственного аграрного университета [15].

Стационарно установленный высевающий аппарат секции сеялки ТС-М-4150А [16] снабжен вакуумным насосом для создания регулируемого разрежения в вакуумной камере высевающего аппарата, электродвигателем с бесступенчатым изменением частоты вращения, который посредством цепных передач приводит в движение вал, на котором закреплен высевающий диск, а также лотками для сбора «высеянных» семян.

Высевающий аппарат сеялки ТС-М-4150А работает по принципу вакуумного присасывания семян к отверстиям высевающего диска. Технологическая схема его работы приведена на рисунке 1.

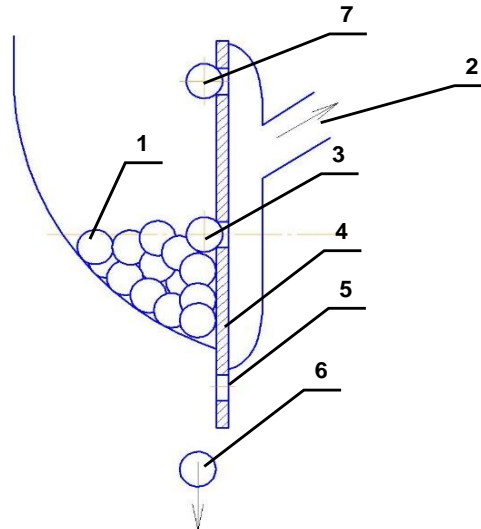


Рис. 1. Технологическая схема процесса дозирования в аппарате сеялки точного высева

Высевающий диск 4 совершает вращение, в процессе которого семя 3 из предварительной камеры 1, в которую семена попадают самотеком из бункера, присасывается к ячейке диска 5 за счет разрежения в вакуумной камере 2, создаваемого вентилятором. Захваченное семя вместе с ячейкой выходит из предварительной камеры и оказывается в верхней части траектории 7. В нижней точке траектории к семенам перестает подаваться разрежение, вследствие чего оно падает под собственной тяжестью вниз [4]. Чтобы снизить вероятность присасывания к одной ячейке более одного семени, в сеялках устанавливаются сбрасыватели, имеющие различную конструкцию [4, 18].

Рассмотрим процесс работы присасывающего аппарата с механико-математической точки зрения. Сила присасывания вычисляется по формуле

$$F_{\Pi} = k_{\Pi} \Delta p \cdot S_{\text{сем}}, \quad (1)$$

где k_{Π} – эмпирический коэффициент присасывания (для дражированных семян сахарной свеклы значение $k_{\Pi} = 0,94$);

Δp – величина разрежения, Па;

$S_{\text{сем}}$ – площадь поверхности семени, к которой приложен вакуум, м².

Поскольку дражированное семя сахарной свеклы представляет собой шар, то поверхностью присасывания является шаровый сегмент. Величину площади шарового сегмента вычислим по следующей формуле [2]:

$$S_{\text{сем}} = \frac{\pi d_{\text{сем}}}{2} \left(d_{\text{сем}} - \sqrt{d_{\text{сем}}^2 - d_{\text{яч}}^2} \right), \quad (2)$$

где $d_{\text{сем}}$ – среднестатистический диаметр семени (в результате эксперимента определили, что $d_{\text{сем}} = 3,94 \cdot 10^{-3}$ м);

$d_{\text{яч}}$ – диаметр ячейки диска, м (для выбранного диска $d_{\text{яч}} = 0,0025$ м).

После соответствующих преобразований получим формулу для определения присасывающей силы F_{Π} :

$$F_{\Pi} = \frac{k_{\Pi} \cdot \pi \cdot \Delta p \cdot d_{\text{сем}}}{2} \left(d_{\text{сем}} - \sqrt{d_{\text{сем}}^2 - d_{\text{яч}}^2} \right). \quad (3)$$

Присасывающая сила прижимает семя к ячейке и должна его удерживать в ходе вращения высевающего диска. Силы сопротивления, препятствующие удержанию семени в ячейке, представлены на рисунке 2.

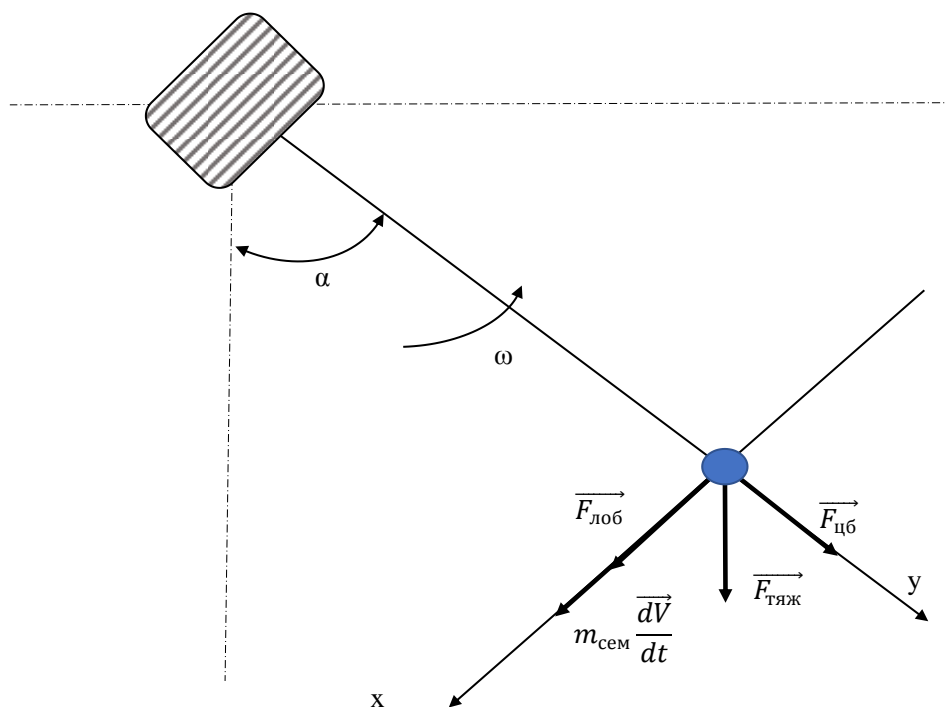


Рис. 2. Силы, действующие на семя в момент присасывания

Как следует из рисунка 2, на семя в первую очередь действует сила его тяжести, которую определяем по формуле [10]

$$F_{\text{тяж}} = m_{\text{сем}} \cdot g, \quad (4)$$

где $m_{\text{сем}}$ – масса одного семени, $m_{\text{сем}} = 2,85 \cdot 10^{-5}$ кг;

g – ускорение свободного падения, $g = 9,806$ м/с.

Во время присасывания и начала движения семени на него также влияет сила инерции покоя, которая рассчитывается по следующей формуле [3]:

$$m_{\text{сем}} \frac{dV}{dt} = \frac{m_{\text{сем}} (\omega R_{\text{отв}} - \omega R_{\text{в}} f_{\text{тр}})^2}{d_{\text{сем}}}, \quad (5)$$

где ω – угловая скорость вращения диска, рад/с;

$R_{\text{отв}}$ – радиус расположения отверстий, $R_{\text{отв}} = 0,095$ м;

$R_{\text{в}}$ – радиус расположения ворошилок, $R_{\text{в}} = 0,08$ м;

$f_{\text{тр}}$ – коэффициент трения семени по диску, $f_{\text{тр}} = 0,2$.

Поскольку диск вращается, то логично предположить, что на семя действует еще и центробежная сила, определяемая по формуле

$$F_{\text{цб}} = \omega^2 R_{\text{отв}}. \quad (6)$$

При движении присасываемого семени в толще семян на него действует и лобовое сопротивление сыпучих сред. В работе [8] предложена формула для расчета давления слоя сыпучей среды на внедряемый объект (сошник), которую мы применим к семенному материалу:

$$\sigma_{\text{сем}} = \frac{1 - \sin \tau \cos 2\beta}{1 + \sin \tau \cos 2\beta} (C \cos \tau + \gamma \cdot l \cdot g), \quad (7)$$

где τ – угол внутреннего трения семян, $\tau = 22$ град;

γ – объемная масса семян, $\gamma = 542$ кг/м³;

C – коэффициент сцепления семян, Н/м², примем $C = 0$ Н/м², так как дражированные семена сахарной свеклы не слипаются между собой;

l – высота слоя семян над присасываемой частицей, м.

β – угол наклона площадки разрушения к направлению напряжения, град (в нашем случае это угол укладки семян).

Согласно данным, представленным в работе [11], угол укладки семян определяется из соотношения

$$\frac{\rho}{\gamma} = 4,39 \sin^2 \beta \cos \beta. \quad (8)$$

Для сахарной свеклы плотность составляет $\rho = 890$ кг/м³, отсюда угол $\beta = 49$ град. Высота слоя дражированных семян сахарной свеклы определяется по соотношению

$$l = R_{\text{отв}} - R_{\text{в}}. \quad (9)$$

Рассчитаем силу лобового сопротивления, приложенного к семени, по формуле

$$F_{\text{лоб}} = \sigma_{\text{сем}} \cdot S_{\text{пс}}, \quad (10)$$

где $S_{\text{пс}}$ – площадь поперечного сечения семени, м², определяемая из равенства

$$S_{\text{пс}} = k_{\text{ф}} \frac{\pi d_{\text{сем}}^2}{4}, \quad (11)$$

где $k_{\text{ф}}$ – коэффициент искажения формы (для дражированных семян сахарной свеклы примем $k_{\text{ф}} = 1$).

Далее рассчитаем силу лобового сопротивления по формуле (12)

$$F_{\text{лоб}} = k_{\text{ф}} \cdot \gamma \cdot l \cdot g \cdot \frac{\pi d_{\text{сем}}^2}{4} \cdot \frac{1 - \sin \tau \cos 2\beta}{1 + \sin \tau \cos 2\beta}. \quad (12)$$

После численного нахождения реакции сопротивления составим векторное уравнение результирующей силы сопротивления семени в момент присасывания:

$$\vec{R} = m_{\text{сем}} \left(\vec{g} + \frac{d\vec{V}}{dt} \right) + \vec{F}_{\text{цб}} + \vec{F}_{\text{лоб}}. \quad (13)$$

Через центр семени проведем декартовую систему координат, ось y которой направлена вдоль вектора центробежной силы, ось x – по касательной к траектории движения ячейки диска. Получим уравнение реакций сил вдоль оси абсцисс:

$$R_x = m_{\text{сем}} \left(g \cdot \cos(90 - \alpha) + \frac{dV}{dt} \right) + F_{\text{лоб}}, \quad (14)$$

где α – угол поворота диска, на котором осуществляется присасывание (для исследуемой сеялки $\alpha = 25$ град).

По оси ординат уравнение сил примет следующий вид:

$$R_y = m_{\text{сем}} g \cdot \sin(90 - \alpha) + F_{\text{цб}}. \quad (15)$$

Так как все проекции результирующей силы сопротивления взаимно перпендикулярны [3], определим результирующую силу, используя теорему Пифагора:

$$F_{\text{рез}} = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}. \quad (16)$$

При подстановке значений формул получим следующее уравнение:

$$F_{рез} = \sqrt{\left(m_{сем} g \cdot \cos \alpha + \omega^2 R_{отв} \right)^2 + \left(k_{\phi} \cdot \gamma \cdot l \cdot g \cdot \frac{\pi d_{сем}^2}{4} \cdot \frac{1 - \sin \tau \cos 2\beta}{1 + \sin \tau \cos 2\beta} + m_{сем} \left(g \cdot \sin \alpha + \frac{(\omega R_{отв} - \omega R_{втр})^2}{d_{сем}} \right) \right)^2}. \quad (17)$$

Подставляя значения коэффициентов и других компонентов формулы, можем найти значение результирующей силы сопротивления, действующей на семена свеклы в высевальном аппарате. Для оценки способности присасывающей силы выдерживать нестабильность сил сопротивления на семя вводим коэффициент запаса присасывающей силы:

$$k_{зап} = \frac{F_{п}}{F_{рез}}. \quad (18)$$

Теперь визуализируем это соотношение в виде графика зависимости коэффициента запаса присасывающей силы от угловой скорости диска и создаваемого разрежения (рис. 3).

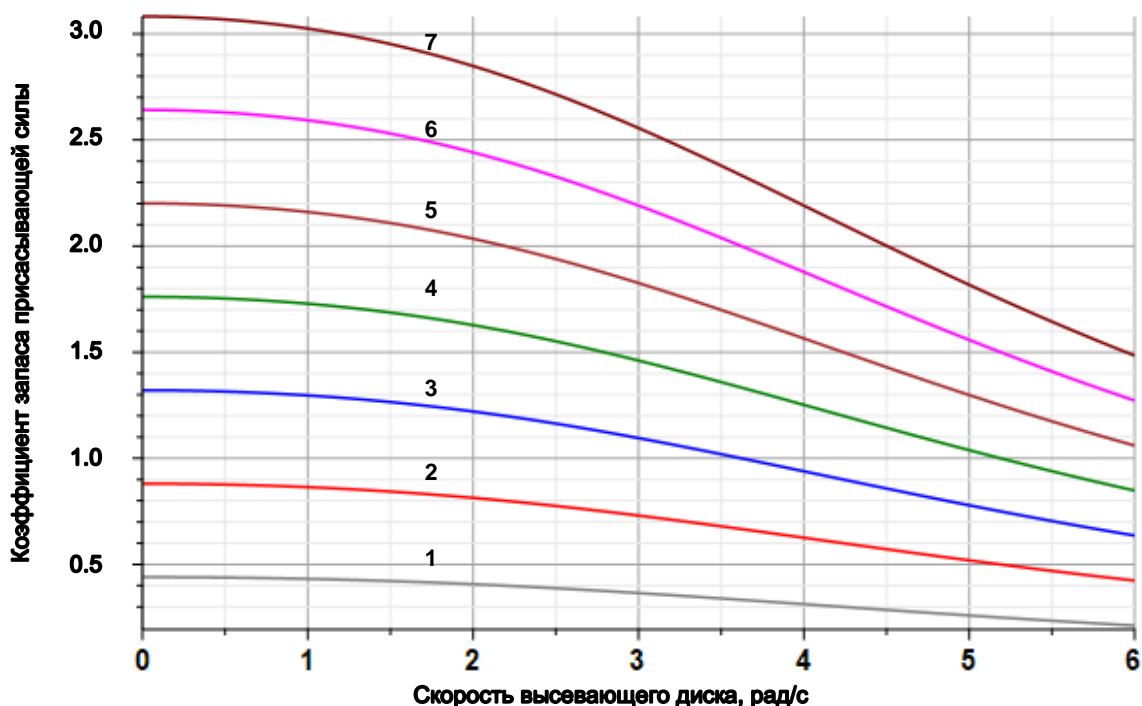


Рис. 3. График зависимости коэффициента запаса присасывающей силы от угловой скорости и глубины разрежения: 1 – 100 Па; 2 – 200 Па; 3 – 300 Па; 4 – 400 Па; 5 – 500 Па; 6 – 600 Па; 7 – 700 Па

На графике видим, что коэффициент запаса присасывающей силы растет в соответствии с увеличением значения разрежения в системе, а при увеличении угловой скорости коэффициент запаса присасывающей силы снижается по зависимости, близкой к экспоненциальной. В связи с этим выдвигаем предположение, что данная зависимость может быть подтверждена эмпирическими данными. Для этого вынесем на один график показатели коэффициента заполнения и коэффициента запаса присасывающей силы и проведем визуальную оценку сформулированной гипотезы.

Эксперимент по определению коэффициента заполняемости отверстий диска в зависимости от средней скорости диска и разрежения в вакуумной камере был проведен на установке лаборатории кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей [15]. Методика экспериментальных исследований частично изложена в работе [6]. На установке с помощью регулятора выставляем требуемое значение разрежения, которое контролируем с помощью вакуумметра, установленного на выходе из камеры разрежения. Затем включаем привод высевающего диска и регулируем частоту с помощью частотного регулятора.

После установки вышеперечисленных показателей на требуемую величину, согласно методике опыта, собираем в течение минуты количество высеваемых семян. Полученную порцию взвешиваем на весах, значение записываем в журнал. С целью снижения абсолютной погрешности эксперимент проводится в трехразовой повторности. Оценку достоверности гипотезы проверяем с помощью критерия Стьюдента [10, 17]. После чего меняем значение разрежения и проводим исследования на разных скоростных режимах.

Результаты, зафиксированные в лабораторном журнале в формате Excel, подвергаем статистической обработке, выявляя закономерности и подбирая аппроксимирующие функции в программе математического программирования Maple [9, 13]. Точки, полученные в результате эксперимента, изображены на графике (рис. 4).

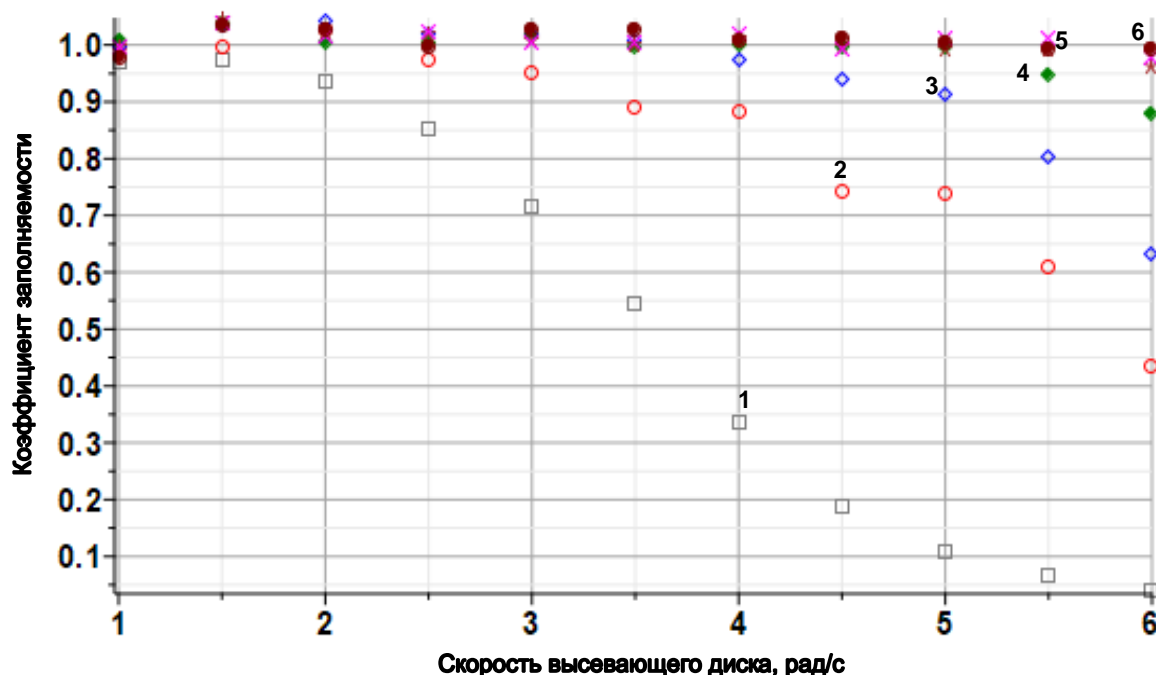


Рис. 4. Эмпирические кривые зависимости коэффициента заполняемости от скорости диска и разрежения: 1 – 100 Па; 2 – 200 Па; 3 – 300 Па; 4 – 400 Па; 5 – 500 Па; 6 – 600 Па

Полученные экспериментальные точки зависимости коэффициента заполняемости от создаваемого разрежения и угловой скорости диска подчиняются экспоненциальной зависимости, близкой к распределению Гаусса. Согласно выводам по теоретической модели высевающего аппарата сопоставим значения коэффициента запаса присасывающей силы и коэффициента заполняемости. Для этого нанесем экспериментальные точки на график зависимости коэффициента запаса присасывающей силы от создаваемого разрежения и угловой скорости диска (рис. 5).

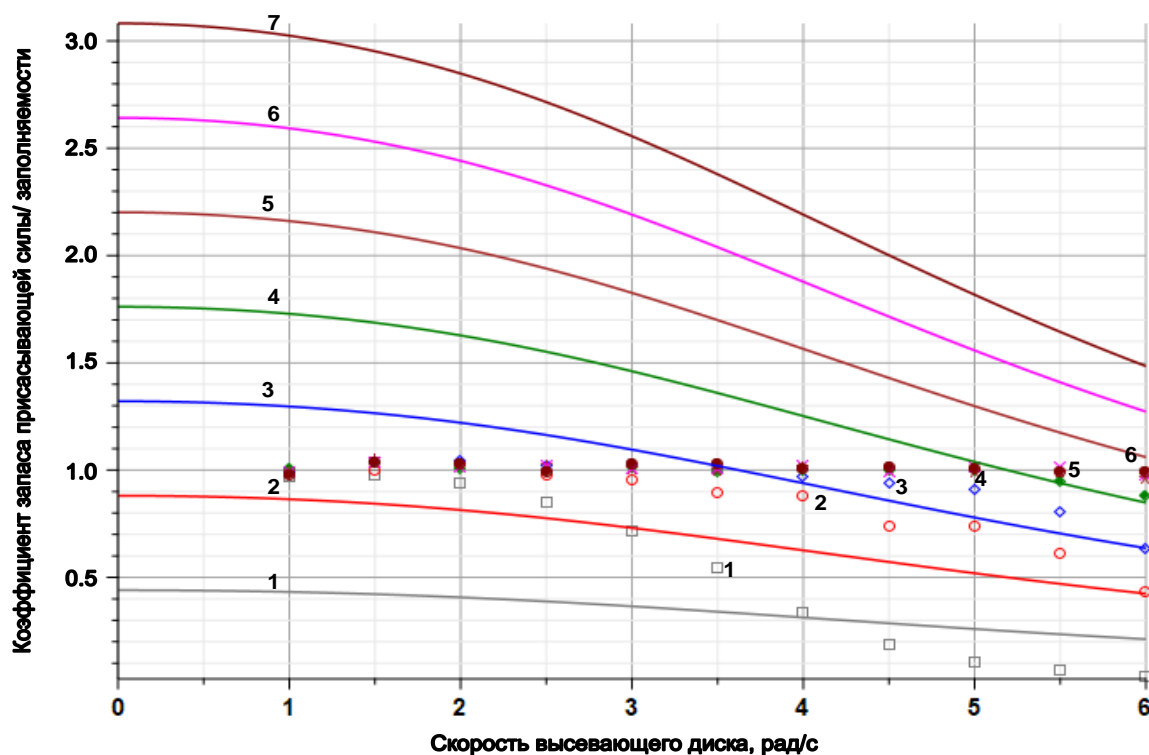


Рис. 5. Корреляция коэффициента запаса присасывающей силы и коэффициента заполнения с учетом эмпирических данных.
 Теоретические кривые коэффициента запаса присасывающей силы при разрежении:
 1 – 100 Па; 2 – 200 Па; 3 – 300 Па; 4 – 400 Па; 5 – 500 Па; 6 – 600 Па; 7 – 700 Па.
 Эмпирические точки зависимости коэффициента заполнения при разрежении:
 1 – 100 Па; 2 – 200 Па; 3 – 300 Па; 4 – 400 Па; 5 – 500 Па; 6 – 600 Па; 7 – 700 Па

Как следует из данных, приведенных на рисунке 5, при низких значениях разрежения эмпирические точки коэффициента заполнения распределены и выше, и ниже графика коэффициента запаса присасывающей силы, то есть заполняемость ячеек диска возможна, но с низкой вероятностью. При значении разрежения в 300 Па кривая коэффициента запаса присасывающей силы лежит в окрестностях эмпирических точек, что подтверждает нашу гипотезу. При значениях выше 400 Па кривая коэффициента запаса присасывающей силы лежит выше точек коэффициента заполнения, что свидетельствует о том, что семена присасываются с большей надежностью и точность высева будет в меньшей степени зависеть от дополнительных сил сопротивления, возникающих случайным образом.

Выводы

В результате теоретического расчета и экспериментальной проверки делаем вывод, что значение разрежения в высевающем аппарате стоит выбирать таким образом, чтобы закладывать коэффициент запаса присасывающей силы больше 1, поскольку при значении коэффициента < 1 показания заполнения ячеек диска могут быть гораздо ниже ожидаемых.

Уточненные формулы расчета коэффициента запаса присасывающей силы (3), (17), (18) позволяют спрогнозировать коэффициент заполнения, так как коэффициент запаса присасывающей силы напрямую влияет на вероятность заполнения ячеек диска, что подтверждено эмпирически. Чтобы коэффициент заполнения был на уровне 97% и выше, необходимо закладывать коэффициент запаса присасывающей силы от 1,5 до 2,5, что соответствует значению разрежения 400–600 Па. Полученные результаты исследования могут быть использованы при подборе вентилятора, создающего разрежение на сеялках.

Список источников

1. Айкель Г., Кюпер Й.-М. Сеялка Lemken Azurit 9/8.75 K [Электронный ресурс] // Журнал AgroReport. URL: <https://agroreport.ru/test-drives/seyalka-lemken-azurit-9-8-75-k-d/> (дата обращения: 17.04.2022).
2. Александров П.С., Маркушевич А.И., Хинчин А.Я. Энциклопедия элементарной математики. Книга 4. Геометрия. Москва: Физматгиз, 1963. 568 с.
3. Бертов А.А. Обоснование рациональной конструкции ворошилки пневматического высевающего аппарата // Тракторы и сельхозмашины. 1986. № 5. С. 34–35.
4. Василенко С.В., Василенко В.В., Гиевский А.М. Расчет процесса дозирования семян пневматическим высевающим аппаратом // Тенденции развития технических средств и технологий в АПК: материалы международной научно-практической конференции (Россия, Воронеж, 25 февраля 2021 г.). Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. Ч. I. С. 15–22.
5. Высевающая секция пневматической сеялки точного высева: патент на полезную модель 212300 Рос. Федерация. № 2022110035; заявл. 12.04.2022; опубл. 14.07.2022, Бюл. № 20. 6 с.
6. Гиевский А.М., Солдатов Ю.И. Обоснование выбора высевающего диска для посева сахарной свеклы на семенные цели // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14, № 2(69). С. 36–41. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2021_2_36.
7. Завражнов А.И., Горшенин В.И., Соловьев С.В. и др. Ресурсосберегающая технология и техника производства сахарной свеклы: монография. Санкт-Петербург: Лань, 2019. 164 с.
8. Капов С.Н., Адуов М.А., Нукушева С.А. Определение тягового сопротивления сошника для подпочвенно-разбросного посева семян // Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина. 2012. № 1. С. 72–78.
9. Краткое пособие по Maple [Электронный ресурс] // Электронные пособия. URL: <http://mif.vspu.ru/books/mapletut/page3.html> (дата обращения: 21.01.2023).
10. Ларионов А.Н., Воищев В.С., Ларионова Н.Н. и др. Физика: учебно-методическое пособие. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2022. 115 с.
11. Несмиян А.Ю. Обоснование модели сыпучих сред // Вестник аграрной науки Дона. 2013. № 3(23). С. 25–34.
12. Пневматический аппарат для двурядного высева пропашных культур: патент на изобретение 2790664 Рос. Федерация. № 2022123687; заявл. 06.09.2022; опубл. 28.02.2023, Бюл. № 7. 6 с.
13. Программа расчета коэффициента заполняемости отверстий высевающего диска: свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ 2022680384 Рос. Федерация. № 2022680384; заявл. 31.10.2022; опубл. 31.10.2022. 1 с.
14. Сеялка Lemken Azurit 9 [Электронный ресурс] // Портал для дистрибьюторов. LEMKEN GmbH & Co. KG. URL: <https://lemken.com/ru/posevnaja-tehnika/sejalki-tochnogo-vyseva/azurit-9/> (дата обращения: 20.04.2022).
15. Стенд для испытания высевающих аппаратов однозернового высева: патент на полезную модель 203635 Рос. Федерация. № 2020133549; заявл. 12.10.2020; опубл. 14.04.2021, Бюл. № 11. 4 с.
16. ТС-М-4150А Многоцелевая пневматическая сеялка точного высева для пропашных культур [Электронный ресурс] // Техника и сервис: Интернет-портал. URL: <https://tese.ru/products/tsm4150A/index.html> (дата обращения: 23.04.2023).
17. Шацкий В.П., Москалев П.В., Гриднева И.В. и др. Высшая математика в агроинженерии: учебное пособие. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2020. 308 с.
18. Яковец А.В., Шумаков В.В. Физико-механические свойства семян пропашных культур // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2011. № 3(22). С. 68–72.

References

1. Aikel G., Cooper Y.-M. Seyalka Lemken Azurit 9/8.75 K. Zhurnal Agro Report [Lemken Azurit 9/8.75 K Seeder. Agro Report Magazine]. URL: <https://agroreport.ru/test-drives/seyalka-lemken-azurit-9-8-75-k-d/>. (In Russ.).
2. Aleksandrov P.S., Markushevich A.I., Khinchin A.Ya. Entsiklopediya elementarnoj matematiki. Kniga 4. Geometriya [Encyclopedia of Elementary Mathematics. Book 4. Geometry]. Moscow: Fizmatgiz; 1963. 568 p. (In Russ.).
3. Bertov A.A. Obosnovanie ratsional'noj konstruksii voroshilki pnevmaticheskogo vysevayushchego apparata [Justification of the rational design of the pneumatic seeding machine agitator]. *Traktory i sel'khoz mashiny = Tractors and Agricultural Machinery*. 1986;5:34-35. (In Russ.).
4. Vasilenko S.V., Vasilenko V.V., Gievsky A.M. Raschyot protsessa dozirovaniya semyan pnevmaticheskim vysevayushchim apparatom. Tendentsii razvitiya tekhnicheskikh sredstv i tekhnologij v APK: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii (Voronezh, 25 fevralya 2021 g.) [Calculation of the seed dosing process by a pneumatic seeding machine. Trends in the development of technical means and technologies in Agro-Industrial Complex: Proceedings of the International Research-to-Practice Conference (Voronezh, February 25, 2021)]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2021;1:15-22. (In Russ.).
5. Vysevayushchaya sektsiya pnevmaticheskoy seyalki tochnogo vyseva [The seeding section of the pneumatic precision seeding drill]: patent na poleznyuyu model' 212300 Ros. Federatsiya. № 2022110035; zayavleno 12.04.2022; opublikovano 14.07.2022. Byul. № 20 = Utility Model Patent 212300 Russian Federation. No. 2022110035, claimed 12.04.2022; published 14.07.2022. Bulletin 20. 6 p. (In Russ.).

6. Gievsky A.M., Soldatov Yu.I. Obosnovanie vybora vysewayushchego diska dlya poseva sakharnoj svekly na semennye tseli [Rationale for choosing feed disk for sowing sugar beet grown for seeds]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2021;14(2);36-41. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2021_2_36. (In Russ.).
7. Zavrazhnov A.I., Gorshenin V.I., Soloviev S.V. et al. Resursosberegayuschaya tekhnologiya i tekhnika proizvodstva sakharnoy svekly: monografiya [Resource-saving technology and technology of sugar beet production: monograph]. Saint-Petersburg: Lan' Press; 2019. 164 p. (In Russ.).
8. Kapov S.N., Aduov M.A., Nukusheva S.A. Opredelenie tyagovogo soprotivleniya soshnika dlya podpochvenno-razbrosnogo poseva semyan [On determining the traction resistance of the coulter for subsurface scattered sowing of seeds]. *Vestnik nauki Kazakhskogo agrotekhnicheskogo universiteta im. S. Seyfullina = Herald of Science of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University*. 2012;1;72-78. (In Russ.).
9. Kratkoe posobie po Maple. Elektronnye posobiya [A short guide to Maple. E-study guide]. URL: <http://mif.vspu.ru/books/mapletut/page3.html>. (In Russ.).
10. Larionov A.N., Voishchev V.S., Larionova N.N. et al. Fizika: uchebno-metodicheskoe posobie [Physics: educational and methodical study guide]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2022. 115 p. (In Russ.).
11. Nesmiyan A.Yu. Obosnovanie modeli sypuchikh sred [Substantiation of loose granular medium model]. *Vestnik agrarnoy nauki Dona = Don Agrarian Science Bulletin*. 2013;3(23);25-34. (In Russ.).
12. Pnevmaticheskij apparat dlya dvustrochnogo vyseva propashnykh kultur [Pneumatic apparatus for double-row sowing of row crops]: Patent na poleznuyu model' 2790664 Ros. Federatsiya. № 2022123687; zayavleno 06.09.2022; opublikovano 28.02.2023, Byul. № 7 = Utility Model Patent 2790664 Russian Federation. No. 2022123687, claimed 06.09.2022; published 28.02.2023. Bulletin 7. 6 p. (In Russ.).
13. Programma rascheta koeffitsienta zapolnyaemosti otverstij vysewayushchego diska [The program for calculating the filling factor of the holes of the sowing disc]: patent na poleznuyu model' 2022680384 Ros. Federatsiya. № 2022680384; zayavleno 31.10.2022; opublikovano 31.10.2022 = Utility Model Patent 2022680384 Russian Federation. No. 2022680384, claimed 31.10.2022; published 31.10.2022. 1 p. (In Russ.).
14. Seyalka Lemken Azurit 9. Portal dlya distrib'yutorov. Kompaniya LEMKEN GmbH & Co. KG [Lemken Azurit 9 seeder. Official website of Lemken. The Agrovision Company]. URL: <https://lemken.com/ru/posevnaja-tekhnika/sejalki-tochnogo-vyseva/azurit-9/>. (In Russ.).
15. Stend dlya ispytaniya vysewayuschikh apparatov odnozernovogo vyseva [Testing facility for single-grain seeding machines]: patent na poleznuyu model' 203635 Ros. Federatsiya. №2020133549; zayavleno 12.10.2020; opublikovano 14.04.2021. Byul. № 11 = Utility model patent 203635 Russian Federation. No. 2020133549, claimed 12.10.2020; published 14.04.2021. Bulletin 11. 4 p. (In Russ.).
16. TC-M-4150A Mnogotselevaya pnevmaticheskaya seyalka tochnogo vyseva dlya propashnykh kultur. Tekhnika i servis: Internet-portal [TS-M-4150A Multipurpose pneumatic precision seeder for row crops. Equipment and service: Internet portal]. URL: <https://tese.ru/products/tsm4150A/index.html>. (In Russ.).
17. Shatsky V.P., Moskalev P.V., Gridneva I.V. et al. Vysshaya matematika v agroinzhenerii: uchebnoe posobie [Higher Mathematics in agricultural engineering: textbook]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2020. 308 p. (In Russ.).
18. Yakovets A.V., Shumakov V.V. Fiziko-mekhanicheskie svoystva semyan propashnykh kul'tur [Physical and mechanical properties of seeds of tilled crops]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2011;3(22);68–72 (In Russ.).

Информация об авторах

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

Ю.И. Солдатов – аспирант кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», general-soldatov@mail.ru.

Information about the authors

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

Yu.I. Soldatov, Postgraduate Student, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, general-soldatov@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 04.05.2023; одобрена после рецензирования 06.06.2023; принята к публикации 28.06.2023.

The article was submitted 04.05.2023; approved after reviewing 06.06.2023; accepted for publication 28.06.2023.

© Гиевский А.М., Солдатов Ю.И., 2023

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

Научная статья

УДК 631.363:636.086.5

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_3_169

EDN: KSUJML

Обоснование режимов проращивания зерна на установках периодического и непрерывного действия

Сергей Владимирович Вендин¹, Юрий Васильевич Саенко^{2✉},
Михаил Сергеевич Широков³, Владимир Юрьевич Страхов⁴

^{1, 2, 3, 4}Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, Белгород, Россия

²yuriy311300@mail.ru✉

Аннотация. На современных свиноводческих и птицеводческих комплексах поголовье содержат безвыгульным способом и в рационе питания используют только комбикорма. Физиологически свиньи и птица способны потреблять зеленые корма, но в современных технологиях их не используют. Для добавления в корма натуральных витаминов, макро- и микроэлементов, клетчатки может быть использовано пророщенное зерно ячменя. С целью получения витаминной кормовой добавки зерно укладывают в гряды высотой 20–30 см, поливают водой и проращивают до длины ростков 2–3 см. Используемая технология не позволяет выдерживать температуру, освещенность, равномерное увлажнение всего проращиваемого зерна, из-за чего оно прорастает неравномерно, отличается высокими затратами ручного труда. На установке для проращивания зерна периодического действия, разработанной и запатентованной сотрудниками Белгородского ГАУ, были отработаны режимные параметры проращивания зерна. Представлена конструктивно-технологическая схема установки с описанием принципа ее работы, проанализированы режимы работы лабораторного образца проращивателя зерна, а также факторы и критерии оптимизации, которые позволяют определить качественные, количественные и энергетические характеристики процесса проращивания. Установлено, что максимальная скорость образования проростков составляет 5,0–5,6 мм и достигается при длительности замачивания зерна и длительности нахождения его на воздухе соответственно 2,6–3,2 и 5,6–8,0 ч. Скорость проращивания зерна по массе равна 0,36 кг/сут. Минимальная энергоёмкость проращивания составляет 725–740 Вт ч/кг и достигается при длительности замачивания зерна и длительности нахождения его на воздухе – соответственно 3,6–4,0 и 7,2–8,0 ч. Предложенная установка обеспечивает повышение производительности процесса проращивания зерна за счет его механизации и автоматизации и может быть использована в хозяйствах с небольшим по численности поголовьем животных.

Ключевые слова: зерно, проращивание, длительность замачивания, длина проростков, скорость роста, энергоёмкость, производительность

Для цитирования: Вендин С.В., Саенко Ю.В., Широков М.С., Страхов В.Ю. Обоснование режимов проращивания зерна на установках периодического и непрерывного действия // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 3(78). С. 169–177. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_169-177.

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

Original article

Justification of grain germination modes using intermittent- and continuous-action plants

Sergey V. Vendin¹, Yuri V. Saenko^{2✉}, Mikhail S. Shirokov³, Vladimir Yu. Strakhov⁴

^{1, 2, 3, 4}Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, Belgorod, Russia

²yuriy311300@mail.ru✉

Abstract. At modern pig and poultry breeding complexes, the livestock is kept in confinement and only compound feed is used in the diet. Physiologically, pigs and poultry are able to consume green feed, but they are not used in modern technologies. Sprouted barley grain can be used to add natural vitamins, macro- and microelements, fiber to the feed. In order to obtain a vitamin feed additive, the grain is placed in planting beds of 20-30 cm high, poured with water and germinated to a length of sprouts of 2-3 cm. The conventional technology does not allow maintaining the temperature, illumination, uniform moistening of the entire germinated grain, which is why it sprouts unevenly. Besides, the commonly used technologies are characterized by high manual labor costs. At the

plant for the germination of grain of periodic action, developed and patented by the staff of Belgorod State Agrarian University, the regime parameters of grain germination were worked out. The design and technological scheme of the installation is presented with a description of the principle of its operation, the operating modes of the laboratory sample of the grain germinator are analyzed, as well as optimization factors and criteria that allow determining the qualitative, quantitative and energy characteristics of the germination process. It was found that the maximum rate of seedling formation is 5.0–5.6 mm and is achieved with the duration of grain water steeping and the duration of its exposure to air of 2.6–3.2 and 5.6–8.0 hours, respectively. The rate of grain germination by weight is 0.36 kg/day. The minimum energy intensity of germination is 725–740 Wh/kg and is achieved with the duration of grain water steeping and the duration of its exposure to air of 3.6–4.0 and 7.2–8.0 hours, respectively. The proposed installation provides an increase in the productivity of the grain germination process due to its mechanization and automation and can be used in farms with small stock number.

Keywords: grain, germination, duration of water steeping, length of seedlings, growth rate, energy intensity, productivity

For citation: Vendin S.V., Saenko Yu.V., Shirokov M.S., Strakhov V.Yu. Justification of grain germination modes using intermittent- and continuous-action plants. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(3):169-177. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_169-177.

Важнейшим условием увеличения продуктивности животных и птицы является их полноценное кормление. При безвыгульном содержании и рационе кормления на основе комбикормов увеличивается потребность животных в белке, макро-, микроэлементах и витаминах, поэтому в комбикорм необходимо вводить витаминные кормовые добавки [9, 13]. В качестве витаминной добавки можно использовать как гидропонную зелень, так и проращённое зерно. Отличие состоит в том, что длина ростков гидропонной зелени составляет 200–300 мм, а зерна – 20–30 мм.

Как известно, для проращивания зерна необходимо обеспечить замачивание массы, а чтобы она не пересыхала, необходимо проводить ее периодическое орошение [2, 4]. В силу ряда объективных причин проращённое зерно на сегодняшний день в хозяйствах практически не используют (отсутствие средств механизации получения и выгрузки готового материала).

С целью получения витаминной добавки можно проращивать зерно различных зерновых и бобовых культур. Для каждого сорта и вида зерна необходимо определить оптимальные режимные параметры, которые получают на основе экспериментов [2, 13].

При проращивании зерновок в чашках Петри их помещают в воду, раскладывают на влажный бинт, по истечении некоторого времени извлекают из воды или дополнительно смачивают бинт. При этом возникают трудности соблюдения режима проращивания в ночное время и в выходные, обусловленные необходимостью «планового» помещения зерен в воду и извлечением их из воды. Несоблюдение рекомендаций приводит к нарушениям оптимальных режимов проращивания, к определенным погрешностям реализации процесса.

Для проведения исследований была разработана установка, позволяющая полностью механизировать и автоматизировать процесс проращивания зерна для получения витаминной кормовой добавки [3, 10, 15]. Предложенная установка позволяет осуществлять замачивание зерновой массы, ее периодическое орошение, ворошение, выгрузку проращённого зерна или гидропонной зелени. Схема установки для проращивания зерна приведена на рисунке 1 [12].

Работа представленной установки состоит в следующем. Зерно загружают в решета и с помощью мотора-редуктора опускают в воду, где они находятся 2–6 часов в зависимости от режима замачивания. По завершении замачивания зерна включают электродвигатель и поднимают решета с зерном из воды. Поднятие решет осуществляют до тех пор, пока концевой выключатель 3 (рис. 1) не отклонится в сторону при контакте с кольцом 4. После этого мотор-редуктор останавливают, зерно извлекают из воды на 4–8 часов. Чтобы зерно не пересохло, его периодически увлажняют водой, которую при помощи насоса 14 подают через шланг 16 и трубу 17. Вода из трубы 17 орошает зерно. Избыточный объем воды проходит кран 18 и через сливную трубку 19 попадает в ванну 2.

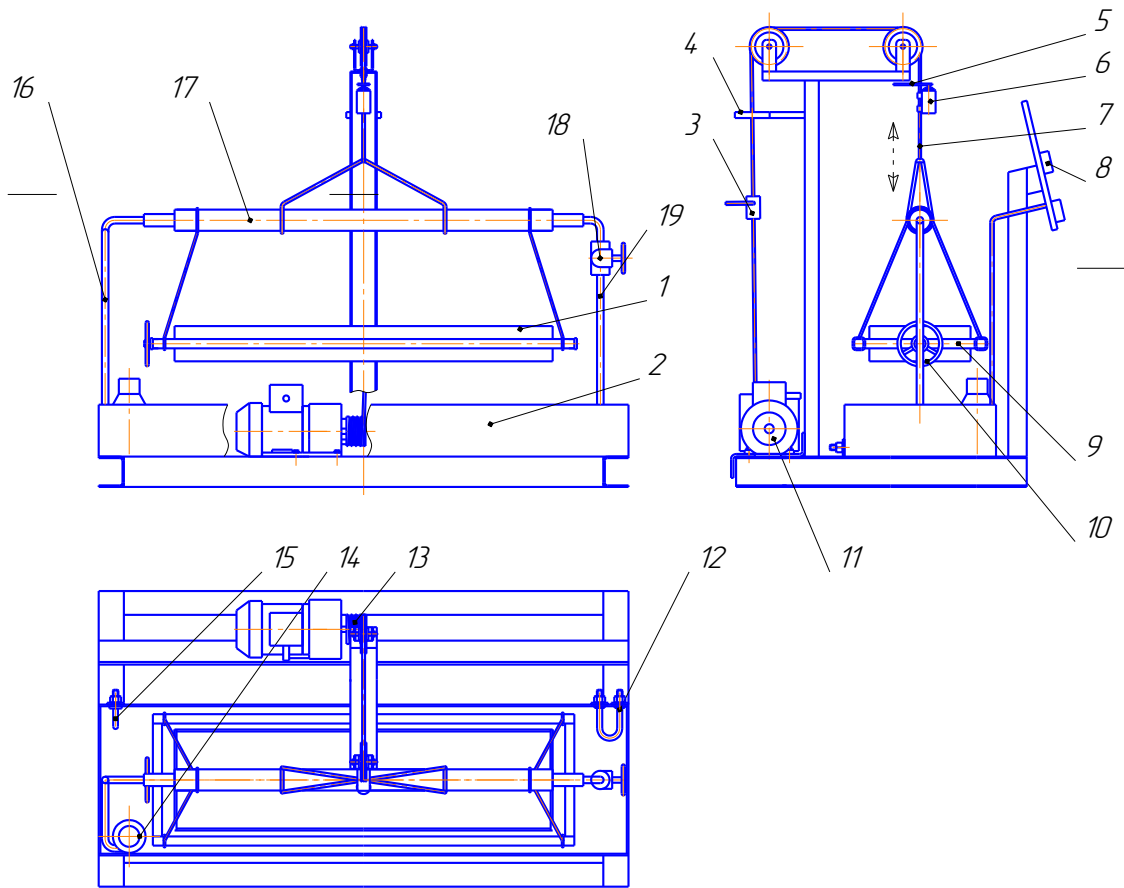


Рис. 1. Установка для проращивания зерна: 1 – решето; 2 – ванна; 3 – выключатель концевой рычажковый; 4 – кольцо; 5 – лист; 6 – выключатель концевой кнопочный; 7 – трос; 8 – пульт управления; 9 – рама; 10 – вороток; 11 – мотор-редуктор; 12 – трубчатый электронагреватель; 13 – катушка; 14 – насос; 15 – датчик температуры; 16 – трубопровод нагнетательный; 17 – трубка для орошения; 18 – кран регулировочный; 19 – трубка сливная

Температуру воды измеряют при помощи датчика 15. Если температура воды ниже установленного значения, то при помощи электрических нагревательных элементов (например, ТЭН 12) осуществляют подогрев воды.

Технологические операции в рекомендованной последовательности проводят в течение пяти суток. Конечная длина ростков составляет 2–3 см.

В таблице 1 представлены технические характеристики разработанной установки, которая позволяет механизировать и автоматизировать следующие технологические операции: замачивание зерна, барботирование воздухом зерновой массы, находящейся в воде, извлечение ее из воды, орошение водой во время выдержки на воздухе.

Таблица 1. Технические характеристики разработанной установки для проращивания зерна

Показатели	Значения
Габаритные размеры, мм	1200 × 950 × 1700
Рабочая площадь решета с зерном, м ²	0,24
Марка и мощность ламп, Вт	8
Мощность циркуляционного насоса, Вт	200
Фитолампа линейная ЭРА FITO-14W-T5-Ra90 / LED	
Мощность лампы, Вт	14
Суточное энергопотребление, кВт·ч	0,216
Производительность установки, кг/сут.	0,7
Масса установки, кг	72

На развитие растений при проращивании зерна влияют различные факторы. Семена, высеванные в почву, некоторое время находятся без света, но за счет питательных веществ, накопленных в зерновке, у растения появляются росток и корешок. При появлении ростка на поверхности почвы на него воздействует солнечный свет. В результате воздействия света в хлоропластах происходит фотосинтез, т. е. образование органического вещества из углекислого газа и воды. Происходит накопление углеводов с образованием зеленой массы листьев и плодов. В холодное время года и в вечернее время суток солнечного света недостаточно, и чтобы зерно проросло и быстрее развивались проростки, необходимо производить подсветку.

Для развития ростков в зерновку должны поступать питательные вещества, которые движутся в водных растворах, поэтому наличие влаги оказывает влияние на массу ростков [8, 11, 14]. Недостаток влаги так же, как и избыток, негативно влияет на увеличение зеленой массы. Необходимо определить продолжительность замачивания и время между замачиваниями, т. е. когда зерновая масса находится на воздухе. Реализация процесса проращивания должна предусматривать наличие технических возможностей не только физически измерять воздействующие факторы, но и изменять их значения независимо друг от друга с учетом критериев оптимизации. Ниже приведены результаты экспериментальных исследований по проращиванию зерна ячменя.

Эксперимент заключался в следующем. Зерно ячменя помещали на 0,5 ч в 0,05% раствор перманганата калия для обеззараживания, затем промывали. Обеззараженное зерно размещали на решетках, которые опускали в воду на 2–6 ч (в зависимости от варианта опыта), после чего поднимали из воды и оставляли на воздухе на 4–8 ч. Чтобы устранить высыхание зерна во время его нахождения на воздухе, проводили орошение водой каждый час в течение 1 мин. Продолжительность проращивания зерна составляла пять суток. После появления ростков добавляли освещение. Второй период длился пять суток. На протяжении второго периода осуществляли ежедневные измерения длины ростков.

По данным зоотехников, для образования в проростках необходимых макро- и микроэлементов и витаминов их длина должна быть не менее 20–30 мм.

Было проведено два эксперимента. Цель первого эксперимента состояла в том, чтобы определить процент проращённого зерна, т. е. отработать параметры замачивания зерна; второго – в том, чтобы получить максимальную производительность без снижения показателей качества (число проросших семян), т. е. определить производительность и энергоёмкость проращивания [6, 7].

Во время проведения первого эксперимента на решетках раскладывали 100 зерен, которые освещали лампой, располагаемой сверху. Длительность замачивания зерновок устанавливали согласно таблице 2. Температура воздуха при проращивании составляла 21–22 °С. В каждом опыте проращивали по 100 зерновок [7]. Длительность освещения зерен была постоянной и составляла 10 ч.

Таблица 2. Влияющие факторы и уровни их варьирования

Факторы	Уровни варьирования факторов			Интервал варьирования
	–1	0	+1	
Длительность замачивания зерна, Т _з , ч	2	4	6	2
Длительность нахождения зерна на воздухе, Т _в , ч	4	6	8	2

В соответствии с планом проведения эксперимента влияние длительности замачивания зерна на процесс проращивания оценивали по трем вариантам: в первом, втором и третьем вариантах длительность замачивания 100 зерновок перед проращиванием составляла соответственно 2, 4 и 6 ч.

Влияние воздушной среды на процесс проращивания оценивали также по трем вариантам: после извлечения из воды замоченных зерновок их выдерживали на воздухе, при этом в первом, втором и третьем вариантах длительность нахождения на воздухе 100 зерновок составляла соответственно 4, 6 и 8 ч. По каждому варианту вычисляли среднюю длину 100 проростков (табл. 3).

Таблица 3. Результаты эксперимента по проращиванию зерна ячменя

Длительность замачивания зерна в ванне, ч	Период от начала прорастания зерна, сут.					Удельная доза искусственного освещения, кДж/мм	Скорость роста, мм/сут., Θ
	1	2	3	4	5		
	Длина ростков зерна, l , мм						
4	3,3	5,7	9	11,7	13,5	2,67	2,70
6	2,1	5,0	10,8	14,5	16,7	2,16	3,34
8	4,4	7,5	10,2	13,1	14,9	2,42	2,98

Эффективность процесса проращивания зерна можно рассматривать с точки зрения изменения химического состава, получения ростка определенной длины или получения некоторой массы проращённого зерна. Практический интерес представляет количественный рост массы зерна, поэтому для расчета производительности установки следует представить, как происходит изменение массы зерновки в процессе проращивания с образованием ростка и корешка. Эффективность работы установки оценивали по приведенным ниже критериям.

Изменение массы зерна, которое заложили на решета для проращивания, можно рассчитать по выражению

$$\Delta m = m_2 - m_1, \quad (1)$$

где m_1 – начальная масса зерна перед проращиванием, кг;
 m_2 – конечная масса проращённого зерна, кг.

В эксперименте изменение массы зерна составило

$$\Delta m = 3,5 - 1,7 = 1,8 \text{ кг.}$$

После проращивания влажность зерновой массы составляет 54–56%. При этом, кроме зерна с ростками, в ней присутствует свободная влага. Чтобы снизить влияние массы свободной влаги на измерение массы проращённого зерна, необходимо ее удалить. Для этого после проращивания массу оставляют на решетках на 20–25 мин для свободного стока воды. После этого проводится измерение массы m_2 .

Первым критерием работы установки для проращивания зерна является скорость прорастания по массе, определяемая по выражению

$$V_{Pm} = \frac{m_2 - m_1}{t}, \quad (2)$$

где t – длительность проращивания, сут.

$$V_{Pm} = \frac{3,50 - 1,7}{5} = 0,36 \text{ кг/сут.}$$

Вторым критерием работы установки является скорость прорастания по длине ростков, определяемая по выражению

$$V_{PL} = \frac{L}{t}, \quad (3)$$

где L – длина ростков зерна после пяти суток роста, мм;
 t – длительность проращивания, сут.

$$V_{PL} = \frac{28}{5} = 5,6 \text{ мм/сут.}$$

Третьим критерием эффективности работы установки может служить энергоёмкость проращивания зерна, которая оценивается по выражению

$$W_{уд} = \frac{\sum P \cdot t \cdot 100}{M_H(W_1 - W_2)}, \quad (4)$$

где P – суточное потребление электроэнергии установкой, Вт·ч;

t – продолжительность работы установки, сут.;

W_1 – начальное содержание влаги в исходном зерне, %;

W_2 – конечное содержание влаги в проращённом зерне, %.

$$W_{уд} = \frac{216 \cdot 5 \cdot 100}{3,5 \cdot (56 - 14)} = 735 \text{ Вт} \cdot \text{ч/кг}.$$

Обработка результатов экспериментальных исследований в соответствии с планом [1, 5, 16] позволила получить уравнение регрессии, учитывающее влияние воздействующих факторов на скорость роста проращённого зерна по длине ростков, мм/сут. Уравнение регрессии в натуральных значениях факторов имеет следующий вид:

$$V_{PL} = -17,403 + 11,375T_3 + 1,91T_B - 1,733T_3^2 - 0,2125T_3T_B - 0,0966T_B^2. \quad (5)$$

Для данного уравнения регрессии коэффициент корреляции $R = 87,36\%$.

Полученная математическая модель была подвергнута проверке по критерию Фишера $F_p = 4,14 > F_{\text{ТАБЛ}} = 2,95$ [16]. Сравнение расчетного и табличного критерия Фишера показало адекватность полученной математической модели, значимость их коэффициентов и достоверность проведенных исследований.

Анализ уравнения регрессии (5) показал, что наибольшая скорость роста ростков, в области исследуемых факторов, составляет 5,0–5,6 мм и достигается при значениях T_3 и T_B соответственно 2,6–3,2 и 5,6–8,0 ч.

На рисунке 2 приведена расчетная поверхность, построенная с учетом уравнения (5) и отражающая зависимость скорости проращивания зерна от длительности замачивания и длительности нахождения зерна на воздухе.

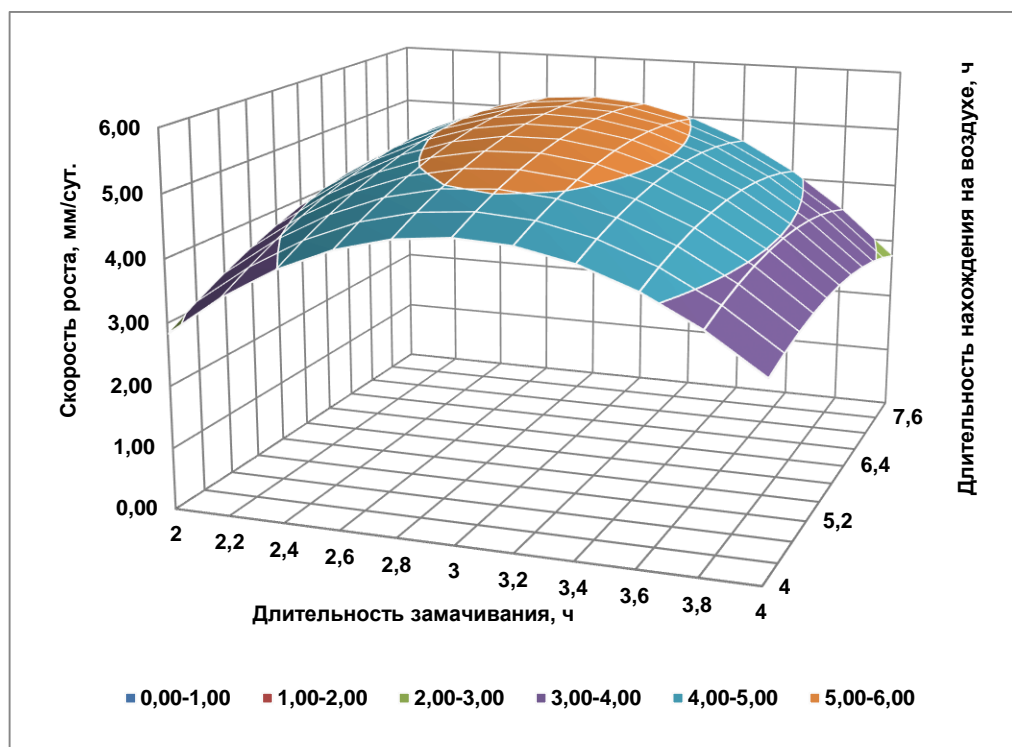


Рис. 2. Зависимость скорости проращивания от длительности замачивания и длительности нахождения зерна на воздухе

Обработка результатов экспериментальных исследований [1, 5, 16] позволила получить уравнение регрессии, учитывающее влияние воздействующих факторов на энергоёмкость проращивания зерна (Вт·ч/кг). Уравнение регрессии в натуральных значениях факторов имеет следующий вид:

$$W_{PL} = 740,83 + 52,5T_3 - 73,75 T_B + 5 T_3^2 - 16,25 T_3 T_B + 8,75 T_B^2. \quad (6)$$

Коэффициент корреляции для данного уравнения регрессии составляет $R = 91,81\%$.

Полученная математическая модель удовлетворяет критерию Фишера $F_p = 6,73 > F_{ТАБЛ} = 2,95$ [16]. Сравнение расчетного и табличного критерия Фишера показало адекватность полученной математической модели, значимость их коэффициентов и достоверность проведенных исследований.

Анализ уравнения регрессии (6) показал, что наименьшая энергоёмкость проращивания зерна, в области исследуемых факторов, составляет 725–740 Вт·ч/кг и достигается при значениях T_3 и T_B соответственно 3,6–4,0 и 7,2–8,0 ч.

На рисунке 3 приведена расчетная поверхность, построенная с учетом уравнения регрессии (6) и отражающая зависимость энергоёмкости проращивания от длительности замачивания и длительности нахождения зерна на воздухе.

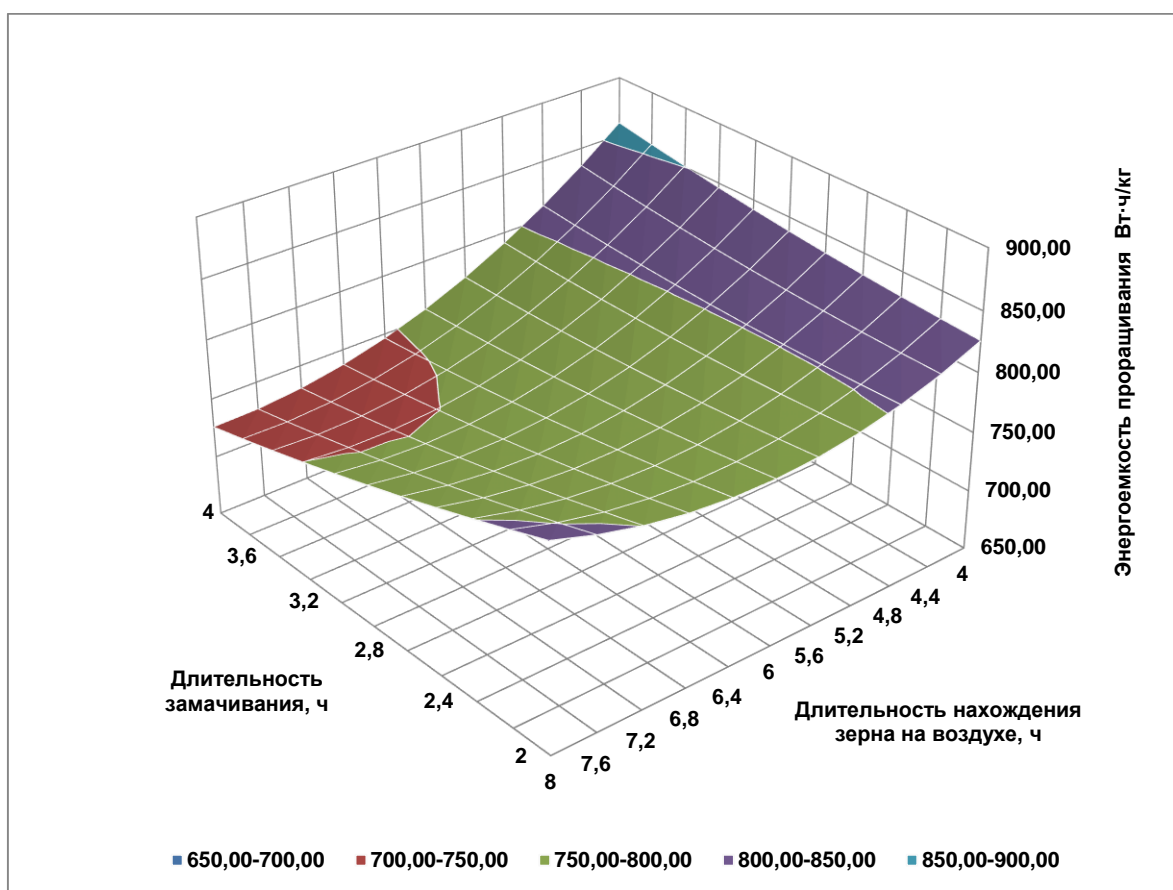


Рис. 3. Зависимость энергоёмкости проращивания от длительности замачивания и длительности нахождения зерна на воздухе

Выводы

Представлена конструктивно-технологическая схема установки с описанием принципа ее работы, проанализированы режимы работы лабораторного образца проращивателя зерна, а также факторы и критерии оптимизации, которые позволяют определить качественные, количественные и энергетические характеристики процесса проращивания.

Установлено, что максимальная скорость развития проростков зерна составляет 5,0–5,6 мм и достигается при длительности замачивания и нахождения его на воздухе соответственно 2,6–3,2 и 5,6–8,0 ч. Производительность проращивания зерна по массе равна 0,36 кг/сут.

Минимальная энергоёмкость проращивания составляет 725–740 Вт·ч/кг и достигается при длительности замачивания зерна и длительности нахождения его на воздухе соответственно 3,6–4,0 и 7,2–8,0 ч.

Предложенная установка обеспечивает повышение производительности процесса проращивания зерна за счет его механизации и автоматизации и может быть использована в хозяйствах с небольшим по численности поголовьем животных.

Список источников

1. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. Москва: Наука, 1976. 278 с.
2. Бахарев Г.Ф., Дронова Л.И., Емельянова Л.Н. Исследование процесса суточного проращивания зерна на корм животным // Достижения науки и техники в АПК. 2007. № 1. С. 30–31.
3. Бентли М. Промышленная гидропоника; перевод с англ. Москва: Колос, 1965. 370 с.
4. Бибик И.В. Повышение эффективности подготовки к скармливанию соевого зерна путем разработки технологии и линии для его проращивания: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. Благовещенск, 1999. 22 с.
5. Блинова Е.И. Планирование и организация эксперимента: учебно-методическое пособие. Минск: БГТУ, 2010. 130 с.
6. Булавин С.А., Саенко Ю.В. Определение оптимальных параметров и режимов проращивания зерна на витаминный корм свиньям // Механизация электрификация сельского хозяйства. 2011. № 5. С. 28–29.
7. Вендин С.В., Саенко Ю.В., Казаков К.В. и др. Технология и оборудование для получения и подготовки пророщенного зерна на корм животным: монография. Москва; Белгород: Колос-с, 2021. 204 с.
8. Ермолаева Г.А., Колчева Р.А. Технология и оборудование производства пива и безалкогольных напитков: учебник. Москва: ИРПО; Академия, 2000. 416 с.
9. Ковригина А.В., Вендин С.В., Саенко Ю.В. Повышение продуктивности свиней за счет скармливания им пророщенного зерна. Белгород: Политерра, 2020. 189 с.
10. Круляков Ю.А. Оборудование для непрерывного выращивания зеленого корма гидропонным способом. Москва: Агропромиздат, 1991. 79 с.
11. Кунце В. Технология солода и пива; пер. с нем. Санкт-Петербург: Профессия, 2001. 153 с.
12. Способ проращивания зерна и устройство для его осуществления: пат. 2472330 Рос. Федерация. № 2011109467/21; заявл. 14.03.2011; опубл. 20.01.2013. Бюл. № 2. 13 с.
13. Походня Г.С. Свиноводство и технология производства свинины: сборник научных трудов научной школы профессора Г.С. Походни. Специальный выпуск 2: Использование пророщенного зерна в рационах свиней. Белгород: Политерра, 2009. 68 с.
14. Прищеп Л.Г. Эффективная электрификация защищенного грунта. Москва: Колос 1980. 208 с.
15. Шарупич С.В., Шарупич П.В., Коломыцев Е.В. и др. Метод расчета технических характеристик растворных узлов системы питания многоярусной узкостеллажной гидропоники отделений сеянцев, рассады и овощных отделений. Орел: Патент Град-РИЦ, 2010. 100 с.
16. Юдин Ю.В., Майсурадзе М.В., Водолазский Ф.В. Организация и математическое планирование эксперимента. Екатеринбург: Уральский университет, 2018. 124 с.

References

1. Adler Yu.P., Markova E.V., Granovsky Yu.V. Planirovanie eksperimenta pri poiske optimal'nykh uslovij [Experiment planning while searching for optimal conditions]. Moscow: Nauka; 1976. 278 p. (In Russ.).
2. Bakharev G.F., Dronova L.I., Emelianova L.N. Issledovanie protsessa sutochnogo prorashchivaniya zerna na korm zhivotnym [Investigation of the process of daily germination of grain for animal feed]. *Dostizheniya nauki i tekhniki v APK = Achievements of Science and Technology in Agriculture*. 2007;1:30-31. (In Russ.).
3. Bentley M. Promyshlennaya gidroponika: perevod s anglijskogo [Commercial hydroponics: translated from English]. Moscow: Kolos; 1965. 370 p. (In Russ.).
4. Bibik I.V. Povyshenie effektivnosti podgotovki k skarmlivaniyu soevogo zerna putem razrabotki tekhnologii i linii dlya ego prorashchivaniya [Improving the efficiency of preparation for feeding soy grain by developing a technology and a line for its germination]: avtoreferat dissertatsii ... kandidata tekhnicheskikh nauk: 05.20.01 = Candidate Dissertation in Engineering Sciences: 05.20.01. Blagoveshchensk; 1999. 22 p. (In Russ.).
5. Blinova E.I. Planirovanie i organizatsiya eksperimenta: uchebno-metodicheskoe posobie [Planning and organization of the experiment: study guide]. Minsk: Belarusian State Technical University; 2010. 130 p. (In Russ.).
6. Bulavin S.A., Saenko Yu.V. Opredelenie optimal'nykh parametrov i rezhimov prorashchivaniya zerna na vitaminnyj korm svin'yam [Determination of optimal parameters and modes of grain germination for vitamin

feed for pigs]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyajstva = Mechanization and Electrification of Agriculture*. 2011;5:28-29. (In Russ.).

7. Vendin S.V., Saenko Yu.V., Kazakov K.V. et al. Tekhnologiya i oborudovanie dlya polucheniya i podgotovki proroshchennogo zerna na korm zhivotnym: monografiya [Technology and equipment for obtaining and preparing sprouted grain for animal feed: monography]. Moscow; Belgorod: Kolos-s Printing-Book Trading Centre; 2021. 204 p. (In Russ.).

8. Ermolaeva G.A., Kolcheva R.A. Tekhnologiya i oborudovanie proizvodstva piva i bezalkogol'nykh napitkov: uchebnik [Technology and equipment for the production of beer and soft drinks: textbook]. Moscow: Federal Institute for the Development of Vocational Education and Training; Academy; 2000. 416 p. (In Russ.).

9. Kovrigin A.V., Vendin S.V., Saenko Yu.V. Povyshenie produktivnosti svinej za schet skarmlivaniya im proroshchennogo zerna [Increasing the productivity of pigs by feeding sprouted grain]. Belgorod: Politerra Press; 2020. 189 p. (In Russ.).

10. Kruglyakov Yu.A. Oborudovanie dlya nepreryvnogo vyrashchivaniya zelenogo korma gidroponnym sposobom [Equipment for continuous cultivation of green fodder by the hydroponic method]. Moscow: Agropromizdat; 1991. 79 p. (In Russ.).

11. Kuntze W. Tekhnologiya soloda i piva; perevod s nemetskogo [Malt and Beer Technology: translated from German]. Saint Petersburg: Profession Press; 2001. 153 p. (In Russ.).

12. Sposob prorashchivaniya zerna i ustrojstvo dlya ego osushchestvleniya [Method of germination of grain and the device for its implementation]: patent 2472330 Ros. Federatsiya. № 2011109467/21; zayavleno 14.03.2011; opublikovano. 20.01.2013. Byul. № 2 = Patent 2472330 Russian Federation. No. 2011109467/21, claimed 14.03.2011; published 20.01.2013. Bulletin 2. 13 p. (In Russ.).

13. Pokhodnya G.S. Svinovodstvo i tekhnologiya proizvodstva svininy: Sbornik nauchnykh trudov nauchnoj shkoly professora G.S. Pohodnyu. Spetsial'nyj vypusk 2: Ispol'zovanie prorashchennogo zerna v ratsionakh svinej [Pig breeding and pork production technology: Collection of scientific papers of the Scientific School of Professor G.S. Pokhodnya. Special Issue 2: The use of sprouted grain in the diets of pigs]. Belgorod: Politerra; 2009. 68 p. (In Russ.).

14. Prishchep L.G. Effektivnaya elektrifikatsiya zashchishchennogo grunta [Effective electrification of protected ground]. Moscow: Kolos Press; 1980. 208 p. (In Russ.).

15. Sharupich S.V., Sharupich P.V., Kolomytsev E.V. et al. Metod rascheta tekhnicheskikh kharakteristik rastvornykh uzlov sistemy pitaniya mnogoyarusnoj uzkostellazhnoj gidroponiki otdelenij seyantsev, rassady i ovoshchnykh otdelenij [Method for calculating technical characteristics of the solution units of the multi-tiered narrow-cell hydroponics supply system of seedlings, seedlings and vegetable departments]. Orel: Patent Grad-RITZ; 2010. 100 p. (In Russ.).

16. Yudin Yu.V., Majsuradze M.V., Vodolazskiy F.V. Organizatsiya i matematicheskoe planirovanie eksperimenta [Organization and mathematical planning of the experiment]. Yekaterinburg: Ural University Press; 2018. 124 p. (In Russ.).

Информация об авторах

С.В. Вендин – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой электрооборудования и электро-технологий в АПК ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», elapk@mail.ru.

Ю.В. Саенко – доктор технических наук, профессор кафедры машин и оборудования в агробизнесе ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», yuriy311300@mail.ru.

М.С. Широков – аспирант кафедры машин и оборудования в агробизнесе ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», 97shirokov@rambler.ru.

В.Ю. Страхов – преподаватель кафедры электрооборудования и электротехнологий в АПК ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», strakhov.94@list.ru.

Information about the authors

S.V. Vendin, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Dept. of Electrical Equipment and Electrical Technologies in Agro-industrial Complex, Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin, elapk@mail.ru.

Yu.V. Saenko, Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Machinery and Equipment in Agribusiness, Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin, yuriy311300@mail.ru.

M.S. Shirokov, Postgraduate Student, the Dept. of Machinery and Equipment in Agribusiness, Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin, 97shirokov@rambler.ru.

V.Yu. Strakhov, Lecturer, the Dept. of Electrical Equipment and Electrical Technologies in Agro-Industrial Complex, Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin, strakhov.94@list.ru.

Статья поступила в редакцию 03.07.2023; одобрена после рецензирования 06.08.2023; принята к публикации 12.08.2023.

The article was submitted 03.07.2023; approved after reviewing 06.08.2023; accepted for publication 12.08.2023.

© Вендин С.В., Саенко Ю.В., Широков М.С., Страхов В.Ю., 2023

5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА (ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 332.14:338.2

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_3_178

EDN: KYRMEX

Цифровизация аграрного сектора ЦФО: проблемы и пути решения

Людмила Анатольевна Запорожцева¹, Максим Кириллович Измайлов^{2✉},
Евгения Андреевна Арбенина³, Наталья Викторовна Леонова⁴

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

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия

²izmajlov_mk@spbstu.ru✉

Аннотация. Анализируется текущее состояние аграрного сектора ЦФО России на основе данных Федеральной службы государственной статистики РФ и обосновывается необходимость его цифровизации. Выбор этого субъекта РФ обусловлен тем, что он является одним из крупнейших производителей сельскохозяйственной продукции, доля которого в общем объеме производства страны занимает около трети. Выявлено, что хозяйствующие субъекты аграрного сектора, особенно малые и средние, недостаточно используют современные возможности цифровой трансформации, применяя их только в сферах управления финансами, составления финансовой, управленческой и статистической отчетности, а также для сбора аналитической информации. Группировка проблем экономического развития хозяйствующих субъектов аграрного сектора (технологические, финансово-экономические, организационно-управленческие) позволила наметить основные пути их решения. Сделан вывод о том, что внедрение цифровых технологий с учетом специфики развития отдельных субъектов аграрного сектора будет способствовать повышению эффективности процессов управления ресурсами и принятия решений. На практике при проведении цифровизации аграрных предприятий важным также является внедрение современных систем управления – системы автоматизации процессов, системы управления персоналом и системы управления предприятием. Кроме того, необходимо обеспечить более действенную связь между различными уровнями и отделами одного и того же предприятия. Помимо привлечения новых инвесторов и государственной поддержки, также важным является эффективное использование выделяемых средств. Необходимо проводить анализ рисков и выгодности предлагаемых проектов, а также улучшать управление финансами для ускорения внедрения цифровых технологий. Решение финансово-экономических проблем цифровизации субъектов аграрного сектора ЦФО видится в поиске новых инвесторов с использованием таких инструментов, как краудфандинг и краудинвестинг.

Ключевые слова: аграрный сектор, ЦФО, цифровизация, технологические проблемы, финансово-экономические проблемы, организационно-управленческие проблемы

Для цитирования: Запорожцева Л.А., Измайлов М.К., Арбенина Е.А., Леонова Н.В. Цифровизация аграрного сектора ЦФО: проблемы и пути решения // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 3(78). С. 178–188. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_178-188.

5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS (ECONOMIC SCIENCES)

Original article

Challenges and solutions of the digitalization of the agrarian sector of the Central Federal District

Lyudmila A. Zaporozhtseva¹, Maxim K. Izmaylov^{2✉},
Evgenia A. Arbenina³, Natalia V. Leonova⁴

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

²Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia

²izmajlov_mk@spbstu.ru✉

Abstract. The authors analyze the current state of the agrarian sector of the Central Federal District of Russia on the basis of data obtained from the Federal State Statistics Service of the Russian Federation and substantiate the need for its digitalization. The choice of this constituent territory of the Russian Federation is justified by the fact that it is one of the largest producers of agricultural products, the share of which in the total nation's output amounts to about one third. It has been revealed that economic entities of the agrarian sector, especially small

and medium-sized ones, use modern opportunities of digital transformation insufficiently, utilizing them only in the areas of financial management, financial, managerial and statistical reporting, as well as for collecting analytical information. The authors have grouped the challenges of economic development of economic entities of the agrarian sector (e.g., technological, financial and economic, organizational and managerial), which allowed outlining the main ways of solving them. It is concluded that implementation of digital technologies with the account for peculiarities of development of individual entities of the agrarian sector will contribute to improving the efficiency of resource management and decision-making processes. In practice, digitalization of agricultural enterprises also requires introducing modern management systems, such as process automation systems, human resource management systems and enterprise management systems. Besides that, it is necessary to ensure more operative communication between different levels and departments of the same enterprise. In addition to attracting new investors and government support, it is also important to use the allocated funds effectively. It is necessary to analyze the risks and benefits of the proposed projects and improve financial management to accelerate the implementation of digital technologies. The solution to financial and economic challenges of digitalization of entities of the agrarian sector of the Central Federal District is seen in the search for new investors using such tools as crowdfunding and crowdinvesting.

Key words: agrarian sector, Central Federal District, digitalization, technological challenges, financial & economic challenges, organizational & managerial challenges

For citation: Zaporozhtseva L.A., Izmaylov M.K., Arbenina E.A., Leonova N.V. Challenges and solutions of the digitalization of the agrarian sector of the Central Federal District. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(3):178-188. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_178-188.

Обеспечение конкурентных преимуществ российских производителей сельскохозяйственной продукции на внутреннем и внешних аграрных рынках, стремительного темпа научно-технического развития невозможно без внедрения современных информационных технологий в хозяйственную деятельность и диджитализации хозяйственного процесса.

Использование цифровых технологий позволяет существенно сокращать затраты времени и финансовых ресурсов на всех этапах хозяйственного процесса, оптимизировать производственные и управленческие бизнес-процессы с учетом значимых для каждого отдельного сельскохозяйственного предприятия критериев эффективности, а также за счет обработки больших массивов данных максимизировать эффективность принятия управленческих решений. Методы и алгоритмы, лежащие в основе большинства информационных систем, адаптированы для прогнозирования показателей деятельности сельскохозяйственных производителей, что, безусловно, может оказать положительное влияние на развитие аграрного сектора в перспективе.

Исследование базируется на данных Центрального федерального округа (далее – ЦФО), который является одним из ведущих сельскохозяйственных регионов России.

Однако, несмотря на активизацию всестороннего внимания со стороны государства, внедрение финансовых механизмов поддержки аграрного сектора экономики, его развитие затруднено наличием определенных проблем, одной из которых является недостаточный уровень цифровизации хозяйствующих субъектов.

Представлены результаты всестороннего изучения актуальных проблем цифровизации хозяйствующих субъектов аграрного сектора ЦФО, выполненного с целью поиска направлений их решения согласно следующему алгоритму:

- 1) анализ современного состояния аграрной отрасли ЦФО на базе данных Федеральной службы государственной статистики РФ;
- 2) определение конкретных задач, которые можно решить за счет цифровизации сельскохозяйственных предприятий аграрного сектора ЦФО;
- 3) детализация инструментов, способствующих реализации программ цифровизации.

Центральный федеральный округ является важным государственным политическим и культурным центром Российской Федерации. Регион выделяется значимостью своих земельных, водных и лесных ресурсов, которые являются неотъемлемой частью экономики региона. Умеренно-континентальный климат, наличие достаточно плодо-

родных земель, развитое транспортное сообщение (густая сеть железнодорожных и автомобильных дорог, авиационный, водный (речной) виды транспорта) и концентрация инновационных институтов способствуют развитию высокоинтенсивного сельского хозяйства на территории округа. Одним из преимуществ ЦФО является наличие крупных рынков сбыта (в нем проживает 40240,3 тыс. чел., или 27,5% всего населения страны).

По производству сельскохозяйственной продукции ЦФО занимает второе место в стране, уступая Приволжскому федеральному округу. В 2022 г. на его долю пришлось около 27% в общем объеме производства продукции сельского хозяйства РФ (рис. 1).

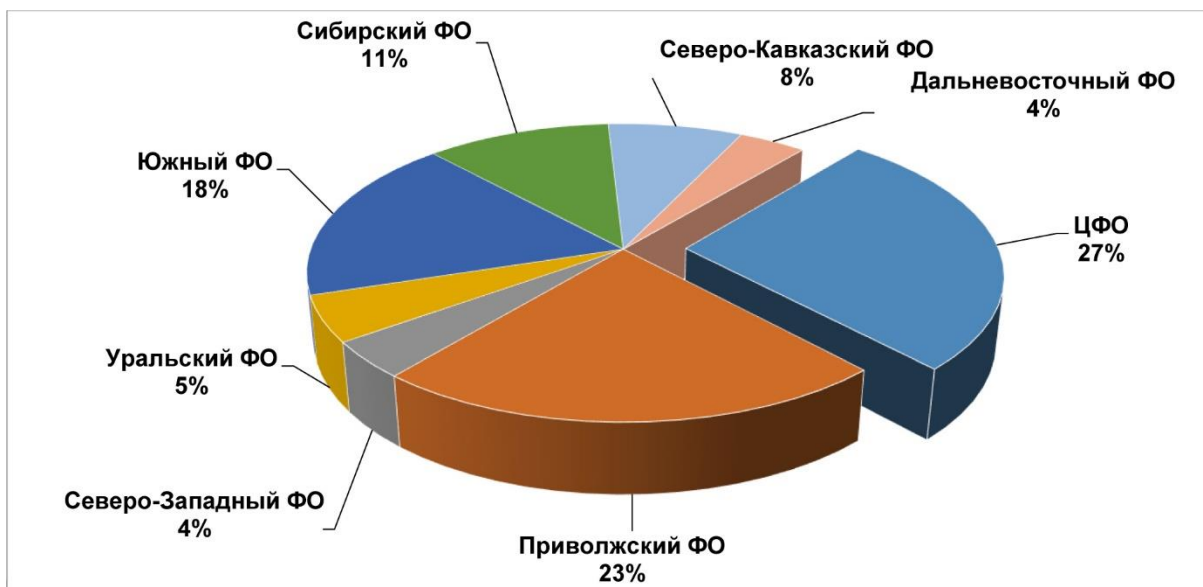


Рис. 1. Удельный вес продукции сельского хозяйства ЦФО в общем объеме производства по РФ в 2022 г. [8]

Общий объем продукции сельского хозяйства в ЦФО в фактически действовавших ценах составил на конец 2022 г. 2409,7 млрд руб., что на 11,6% выше показателя 2021 г. и более чем в 3 раза превышает аналогичный показатель 2011 г. (рис. 2).

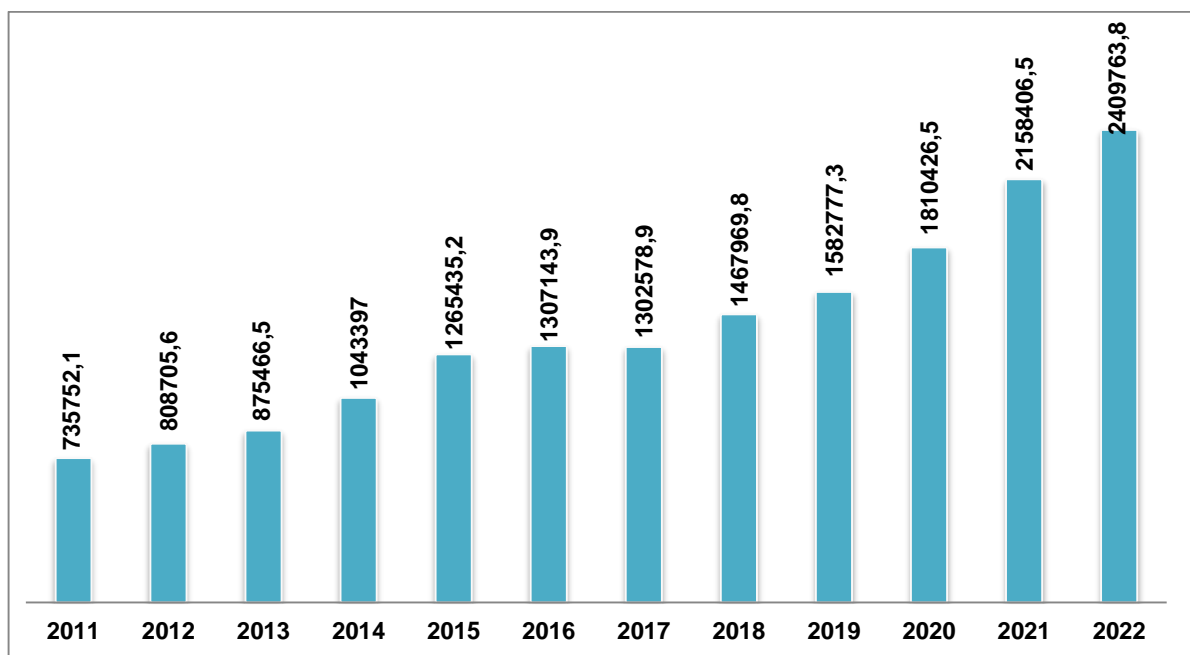


Рис. 2. Динамика объемов сельскохозяйственной продукции в ЦФО в фактически действовавших ценах, млн руб. [8]

Лидером ЦФО в сельскохозяйственной отрасли является Воронежская область, в которой общий объем произведенной продукции в 2022 г. составил 368,2 млрд руб. За ней в первой пятёрке крупных сельхозпроизводителей следуют Белгородская (360,2 млрд руб.), Курская (258,9 млрд руб.), Тамбовская (216,8 млрд руб.) и Липецкая (194,6 млрд руб.) области (рис. 3).

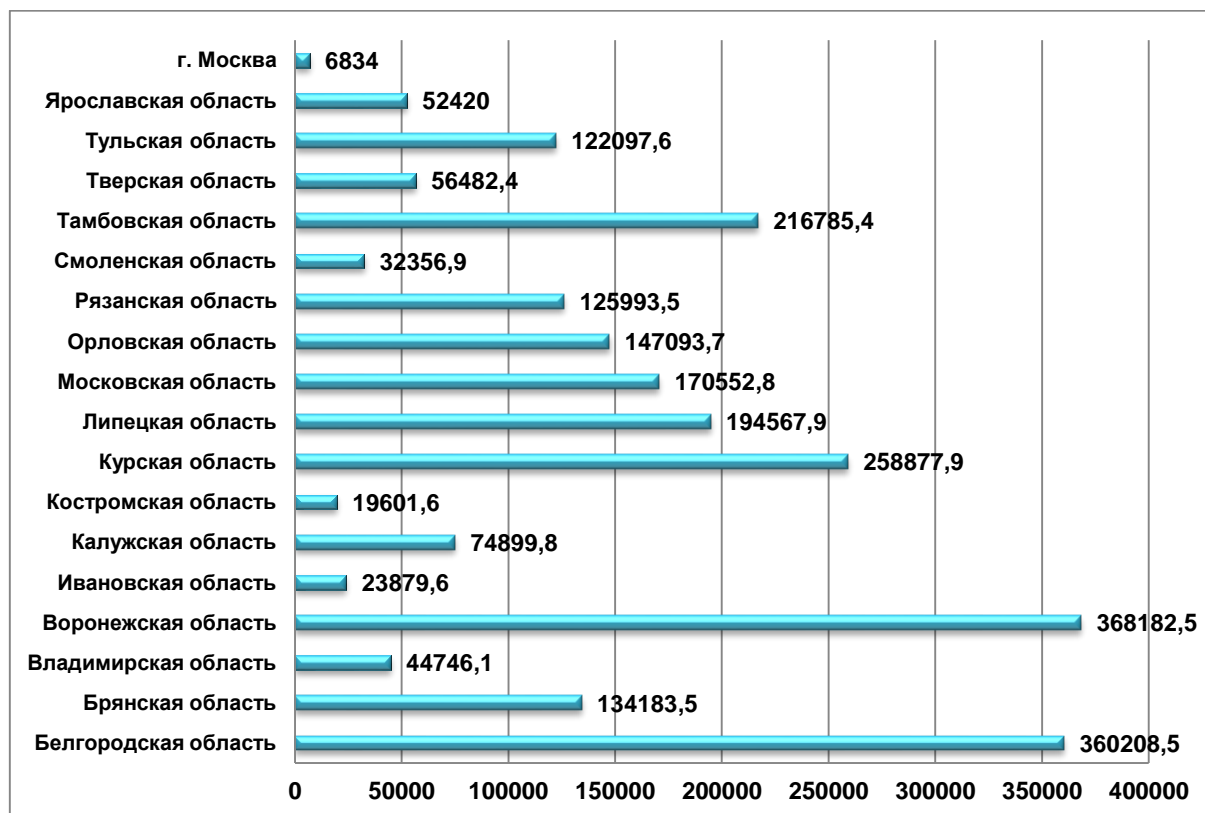


Рис. 3. Объем производства продукции сельского хозяйства в ЦФО в 2022 г. в разрезе областей, млн руб. [8]

Несмотря на достаточно активное развитие сельскохозяйственных предприятий в ряде областей, в аграрном секторе все еще сохраняются проблемы, ограничивающие рост объемов производства. Одной из них является недостаточное использование информационных и коммуникационных технологий. Так, по данным официальной статистики, лишь 25,3% аграрных предприятий имеют собственный веб-сайт. Мобильный Интернет использует лишь 41,4% хозяйствующих субъектов аграрного сектора, серверы и локальные вычислительные сети – соответственно 41,8 и 46,3% (табл. 1).

Таблица 1. Использование информационных и коммуникационных технологий в организациях сельского хозяйства РФ, % от общего количества организаций соответствующего вида деятельности [8]

Виды ИКТ	Годы				
	2017	2018	2019	2020	2021
Персональные компьютеры	94,0	93,0	82,4	66,3	76,0
Серверы	39,4	38,1	44,2	36,9	41,8
Локальные вычислительные сети	56,6	57,6	49,3	39,9	46,3
Глобальные информационные сети	91,2	90,6	81,7	н/д	н/д
из них сеть Интернет	91,2	90,6	81,7	н/д	н/д
Фиксированный (проводной и беспроводной) Интернет	н/д	н/д	н/д	62,9	72,1
Мобильный Интернет	н/д	н/д	н/д	35,6	41,4
Веб-сайты организаций	20,1	20,0	25,1	20,9	25,3

В то же время в наиболее развитых европейских странах и в США доля предприятий, использующих информационные и коммуникационные технологии, достигает соответственно 80 и 60% [4].

С учетом текущего состояния аграрного сектора ЦФО и значительных изменений внешней среды и внутренней экономической ситуации в РФ цифровая модернизация хозяйствующих субъектов данного сектора резко актуализируется, поскольку она превращается в важный стимул роста как отдельно взятой отрасли, так и всей государственной экономики в целом.

Цифровизация позволяет автоматизировать процессы и оптимизировать управление ресурсами, обеспечивает более эффективное использование земельных ресурсов, способствует росту производительности труда и повышению качества продукции. В результате цифровой трансформации аграрного сектора возникают такие новые возможности для развития сельского хозяйства, как управление производственными процессами с помощью датчиков и автоматизированных систем, применение аналитических данных для прогнозирования урожайности и оптимизации структуры посевных площадей, использование дронов для мониторинга полей и др. Цифровая трансформация аграрного сектора не только способствует повышению эффективности производства, но и открывает новые возможности для экспорта сельскохозяйственной продукции.

В настоящее время хозяйствующие субъекты аграрного сектора ЦФО, особенно малые и средние предприятия, недостаточно широко используют современные возможности цифровой трансформации, а цифровые технологии в бизнес-процессах аграрной отрасли нашли применение лишь в сферах управления финансами, составления финансовой, управленческой и статистической отчетности, а также сбора аналитической информации [10].

Вместе с тем, по данным научных исследований [1, 3, 9], комплексная цифровизация предприятий аграрного сектора может способствовать повышению эффективности их функционирования, снижению издержек, расширению доступа к рынкам и повышению конкурентоспособности сельхозпроизводителей.

Необходимо заметить, что на спрос на цифровые технологии и эффективность процесса цифровизации хозяйствующих субъектов аграрного сектора существенное влияние оказывает отраслевая специфика (разнообразие территориальных условий, а также невысокий уровень жизни сельского населения, снижение престижа сельскохозяйственного труда и др. [2]).

Основные инструменты цифровизации производственных процессов в сельском хозяйстве приведены в таблице 2.

Среди наиболее перспективных направлений следует выделить системы с использованием технологий Интернета вещей (IoT), предусматривающие интеграцию технических и технологических решений цифровизации и их взаимодействие без вмешательства человека.

Несмотря на преимущества цифровых технологий, предприятия аграрного сектора РФ, в том числе в ЦФО, сталкиваются с рядом проблем и препятствий при их внедрении. Так, в некоторых регионах до сих пор отсутствует современная инфраструктура для доступа к Интернету. Кроме того, препятствием для полного внедрения информационных технологий является недостаточный уровень цифровой грамотности работников аграрной сферы [5]. Отсутствие навыков работы с компьютерными программами и системами может снизить производительность и эффективность работы.

Таблица 2. Основные инструменты цифровизации производственных процессов в сельском хозяйстве

Инструмент цифровизации	Назначение	Результаты использования
<i>Технические решения</i>		
Сенсоры	Мониторинг плодородия почв (температура, влажность, питательные вещества), растений (температура, ежедневный рост, индексы вегетации), погодных условий, параметров воздуха, излучения (ультрафиолетового, радиационного, излучения, необходимого для фотосинтеза), популяции вредителей, состояния техники и зданий животноводческих ферм	Автоматизация аграрных процессов
Роботизация	Выполнение технологических операций (обработка почвы, посев, внесение удобрений и средств защиты растений, прополка, сбор, отбор проб почвы) без вмешательства человека (в т. ч. с использованием сенсоров)	Высвобождение трудовых ресурсов. Использование альтернативных источников энергии
Беспилотные летательные аппараты (БПЛА)	Оперативное, без лишних расходов, получение информации о состоянии посевов и реализация технологий точного земледелия	Сбор данных с возможностью автоматического или удаленного управления
Дистанционное зондирование земли (ДЗЗ)	Мониторинг полей на базе сбора и обработки данных спутниковых снимков	Моделирование урожайности, оптимизация ресурсов
<i>Технологические решения</i>		
Искусственный интеллект	Решение конкретных задач техническими средствами за счет способности ориентироваться в окружающей среде и учитывать данные мониторинга	Минимизация влияния человеческого фактора на эффективность сложных решений
Системы машинного обучения	Повышение эффективности выполнения операций техническими средствами на основе обработки входных данных о среде и статистической информации об эффективности работы технического средства	
<i>Интегрированные решения</i>		
Интернет вещей (IoT)	Объединение вышеупомянутых технологий в единую систему, кастомизированную под потребности и особенности хозяйствования каждого отдельного производителя / поля / фермы	Автоматизированное выполнение интеллектуальных бизнес- или производственных задач

Источник: составлено авторами на основе данных [6, 11, 12].

Также проблемы возникают и при оценке экономической эффективности проектов цифровизации в аграрном секторе. Это связано с тем, что большинство хозяйствующих субъектов аграрного сектора при реализации проектов цифровизации нацелены на получение экономического эффекта в ближайшей перспективе и практически не уделяют внимания долгосрочным эффектам использования цифровых технологий.

Учитывая вышеизложенное, проблемы цифровизации субъектов аграрного сектора ЦФО были условно разделены на три группы:

- технологические;
- финансово-экономические;
- организационно-управленческие (рис. 4).

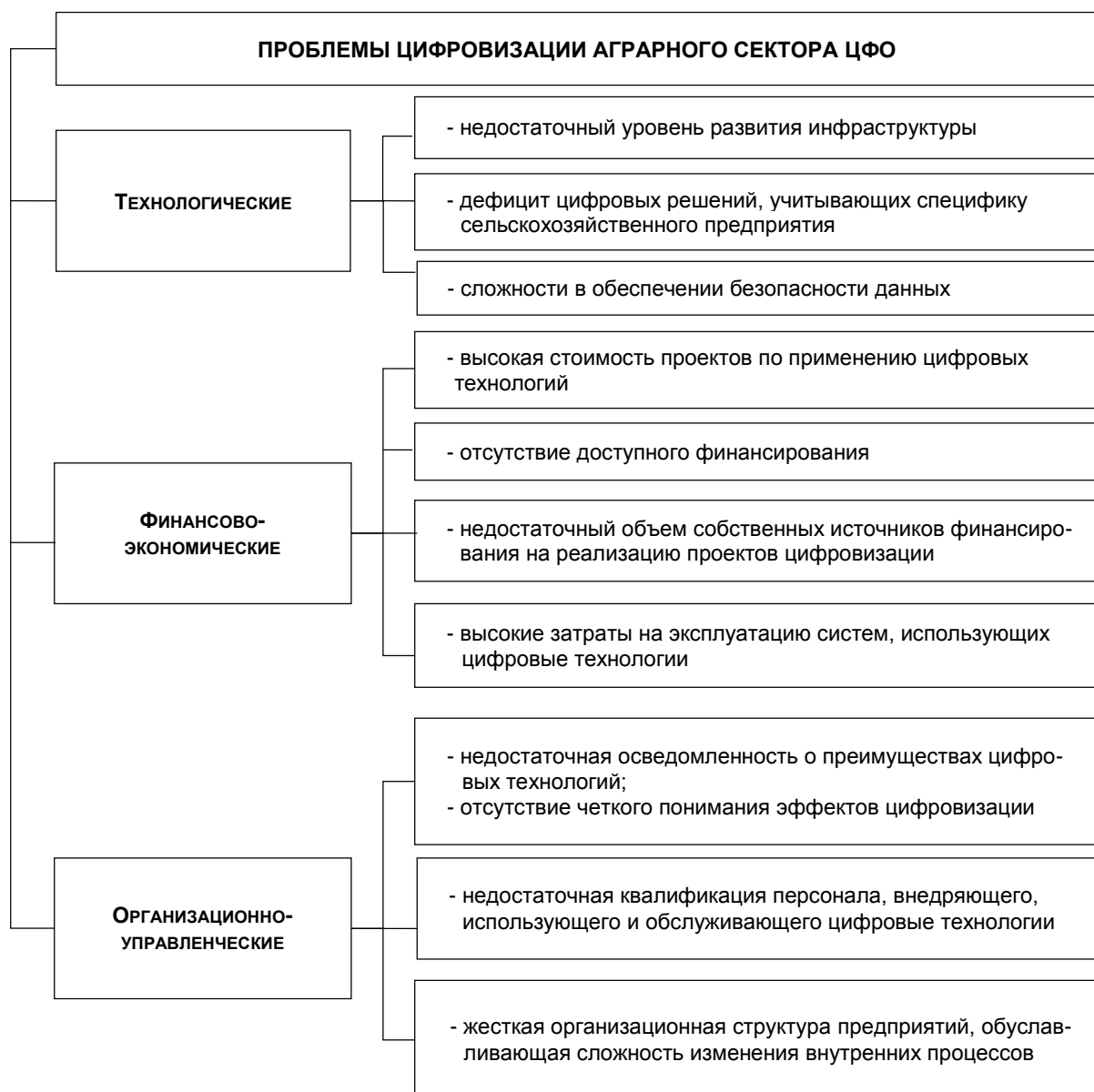


Рис. 4. Группировка основных проблем цифровизации субъектов аграрного сектора ЦФО (составлено авторами)

Технологические проблемы связаны, в основном, с необходимостью обеспечения большинства новых технологий широкополосного покрытия и стабильного подключения к Интернету, поскольку в отдаленных сельских районах покрытие Интернетом распределено неравномерно, а в некоторых районах оно полностью отсутствует.

До сих пор основная масса сельскохозяйственных предприятий, особенно малые и средние, не располагают необходимыми цифровыми инструментами и оборудованием для эффективной работы (компьютерной техникой, программным обеспечением, датчиками и другими цифровыми устройствами), что является серьезным препятствием на пути внедрения цифровых технологий.

Помимо вышеотмеченного, цифровизация аграрного сектора включает в себя обработку, хранение и передачу больших объемов данных, что не исключает возможность утечки конфиденциальной информации. Поэтому обеспечение надежной защиты данных представляет собой одну из важнейших задач, которую необходимо решать для успешной реализации программ цифровизации.

Финансово-экономические проблемы цифровизации субъектов аграрного сектора России обусловлены следующими факторами. Прежде всего, основным ресурсным барьером, препятствующими активному развитию процесса оцифровки, являются высокая стоимость проекта, а также внедрения и использования информационно-коммуникационных технологий. На все эти этапы в целом требуются финансовые ресурсы, объем которых может быть слишком велик для малых и средних сельскохозяйственных предприятий. Вместе с тем, при наличии потенциальных рисков и неопределенностей, связанных с особенностями сельскохозяйственного производства, банки могут ограничить доступ аграриев к банковскому кредитованию.

Кроме того, основные отрасли сельскохозяйственного сектора могут изначально столкнуться с нехваткой квалифицированных ИТ-специалистов, для приглашения которых со стороны или для обучения собственного персонала также необходимы дополнительные финансовые вложения.

На финансовые аспекты цифровизации аграрного сектора, безусловно, окажут влияние рыночные факторы. Низкие цены на сельскохозяйственную продукцию и нестабильность продуктовых рынков могут ограничить возможности финансирования процесса цифровизации из собственных средств сельхозпроизводителей и, тем самым, снизить их интерес к цифровым инновациям.

Также следует выделить наличие многочисленных организационно-управленческих проблем, таких как:

- недостаточная осведомленность (информированность) о преимуществах цифровых технологий в связи с ограниченностью доступной информации о новейших разработках и технологиях в сельском хозяйстве, что может привести к сохранению ориентации на устаревшие и малоэффективные методы работы;
- наличие жесткой организационной структуры предприятия, ограничивающей скорость ее адаптации в связи с внедрением цифровых технологий;
- отсутствие необходимых компетенций у персонала (например, умения использовать различное программное обеспечение, навыков анализа полученных данных и принятия решений на основе полученной информации и др.), который внедряет, использует и обслуживает цифровые технологии. Следует отметить, что эта проблема наиболее серьезно ограничивает доступ сельхозпроизводителей к большому объему информации, что замедляет развитие предпринимательства в аграрном секторе и процесс создания устойчивой цифровой экосистемы.

Таким образом, необходима разработка механизма устранения вышеуказанных проблем.

Считаем, что первоочередной задачей, решение которой позволит более активно использовать цифровые технологии основной массе субъектов аграрного сектора ЦФО, по-прежнему является их информирование, обучение с целью развития цифровых компетенций. Для этого необходимо предпринимать следующие действия.

1. Организовать систему On-The-Job для обучения и консультирования (в виде тренингов, семинаров, вебинаров и конференций) персонала по использованию цифровых технологий, а также предоставить доступ к онлайн-ресурсам с целью сотрудничества с профессионалами в сфере цифровизации.

2. Поощрять стремление к самообразованию в цифровой сфере, а также поддерживать инициативы сотрудников сельскохозяйственных предприятий, направленные на использование цифровых технологий и применение новых идей и методов.

3. Создавать команды экспертов, имеющих необходимые знания и навыки, чтобы они могли консультировать других работников и помогать им в их стремлении развиваться в области цифровых технологий.

Решение финансово-экономических проблем цифровизации субъектов аграрного сектора ЦФО видится в поиске новых инвесторов с использованием таких инструментов, как краудфандинг и краудинвестинг.

Краудфандинг – это модель финансирования проектов с помощью средств, полученных от большого числа людей через Интернет, что позволяет дистанцироваться от традиционных источников финансирования (банковские кредиты или государственные программы). В таких проектах цифровизации аграрных предприятий, как внедрение цифровых технологий, разработка программного обеспечения или создание новых онлайн-платформ для аграрного сектора, краудфандинг может быть полезным инструментом для сбора средств.

Если первоначально краудфандинг использовался в основном в области некоммерческих социальных и культурных проектов, то в настоящее время он используется в том числе и для финансирования частных бизнесов и стартапов. При этом одними из важных инструментов краудфандинга являются социальные медиа, такие как ВКонтакте, Twitter, Facebook, позволяющие получать оценку проекта, предоставляющие возможность обмена информацией о других краудфандинговых проектах, минуя при этом цепочку привычных посредников, что существенно ускоряет процесс развития проекта. Процесс привлечения финансирования посредством краудфандинга намного проще, демократичнее и прозрачнее.

В России уже имеются собственные краудфандинговые платформы (например, Planeta.ru, Boomstarter.ru и др.), на которых можно разместить предложения потенциальным инвесторам принять участие в финансировании проекта. Для успешного использования краудфандинга в проектах цифровизации аграрных предприятий необходимо иметь четкую бизнес-модель, показать потенциал проекта для развития аграрного сектора, а также предложить инвесторам привлекательные модели получения вознаграждения или бонусов за их поддержку.

Краудинвестинг (инвестиционный краудфандинг, акционерный краудфандинг) – это основанный на интернет-инструментах способ инвестиционных вложений микроинвесторов в стартап-компанию с целью получения выгоды от будущих денежных потоков этой компании; это форма инвестирования, при которой инвесторы предоставляют средства для развития бизнеса в обмен на долю его прибыли или акций. Из российских платформ краудинвестинга можно назвать площадку Money Friends, Rounds, инвестиционную платформу «ВДЕЛО», Поток.Диджитал.

Таким образом, субъекты аграрного сектора могут использовать краудфандинг и краудинвестинг для привлечения инвестиций, которые помогут им внедрить новые технологии или запустить новые проекты.

Однако, помимо привлечения новых инвесторов и государственной поддержки, также важно обеспечить эффективное использование полученных средств. Необходимо проводить анализ рисков и выгодности предлагаемых проектов, а также улучшать управление финансами для ускорения внедрения цифровых технологий.

В этой связи для решения организационно-управленческих проблем цифровизации аграрных предприятий ЦФО предлагается в первую очередь разрабатывать стратегии цифровизации, в которых определены цели и приоритеты, а также конкретные шаги и меры для достижения этих целей (более 60% мировых корпораций уже разрабатывают собственные стратегии цифровой трансформации [7]).

На практике при проведении цифровизации аграрных предприятий важным также является внедрение современных систем управления – системы автоматизации процессов, системы управления персоналом и системы управления предприятием. Кроме того, необходимо обеспечить более действенную связь между различными уровнями и отделами одного и того же предприятия.

Таким образом, за счет внедрения цифровых технологий аграрные предприятия могут повысить эффективность процессов управления ресурсами и принятия решений при условии комплексного подхода к решению актуальных проблем цифровизации с учетом специфики развития субъектов аграрного сектора ЦФО.

Выводы

Большинство сельскохозяйственных предприятий использует цифровые технологии точечно, а не комплексно, что значительно снижает общий положительный эффект. Все это усиливает важность цифровизации данного сектора экономики, поскольку позволит сельскохозяйственным предприятиям ЦФО обеспечить значительный экономический эффект за счет рационального использования экономических ресурсов и сельхозтехники, повышения уровня прозрачности и управляемости процессов, сокращения расходов в корпоративном секторе аграрной экономики.

Проанализированы актуальные проблемы цифровизации субъектов аграрного сектора ЦФО, которые были объединены в три группы – технологические, финансово-экономические и организационно-управленческие. На основе разработанной группировки намечены основные пути решения проблем, направленные на повышение эффективности экономического развития хозяйствующих субъектов аграрного сектора ЦФО.

За счет мультипликативного эффекта от использования цифровых технологий в аграрном секторе повысится уровень развития экономики сельских территорий, что позволит сохранить трудовые ресурсы на селе, достичь высоких социальных стандартов проживания в сельской местности за счет сохранения и восстановления социальной и инженерной инфраструктуры. Цифровизация является современным инструментом, который на практике позволит осуществлять подключение сельских территорий к цифровым инфраструктурам, что обеспечит преодоление цифрового разрыва и даст толчок к их социально-экономическому возрождению.

Список источников

1. Аджимет Г.Х. Трансформация цифровизации аграрного сектора в мире // Экономика и предпринимательство. 2020. № 12(125). С. 220–225. DOI: 10.34925/EIP.2021.125.12.044.
2. Арбенина Е.А., Яблонская С.И. Комплексное развитие сельских территорий: проблемы и перспективы // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 3(74). С. 156–162.
3. Газетдинов М.Х. Аспекты цифровизации аграрного сектора экономики // Финансовая экономика. 2019. № 7. С. 13–17.
4. Даюб Н. Развитие цифровизации сельского хозяйства в России и зарубежных странах // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. №5. С. 199–206.
5. Долженко М. Проблемы и перспективы применения современных технологий в аграрном секторе // Теория и практика современной науки. 2020. № 5(59). С. 169–172.
6. Иванова О.Е. Направления развития цифровизации российского аграрного сектора // Актуальные вопросы аграрной науки. 2022. № 43. С. 43–49.
7. Измайлов М.К. Изменение ценностей и ориентиров управления промышленными предприятиями в рамках цифровой трансформации // Beneficium. 2022. № 4(45). С. 51–58. DOI: 10.34680/BENEFICIUM.2022.4(45).51-58.
8. Официальные данные Федеральной службы государственной статистики РФ [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/> (дата обращения: 05.07.2023).
9. Путивская Т.Б., Подсеваткина Е.А. Перспективы малых форм хозяйствования в условиях цифровизации аграрного сектора // Экономика сельского хозяйства России. 2020. № 9. С. 15–23. DOI: 10.32651/209-15.
10. Романова Л.В., Шашкова И.Г. Развитие агропромышленного комплекса в условиях цифровой экономики // Фундаментальные исследования. 2020. № 11. С. 152–156.
11. Созаева Т.Х., Турлий С.И., Тарчоков Б.Ю. Современное состояние цифровой среды аграрного сектора экономики // Экономика и предпринимательство. 2022. № 12(149). С. 300–304. DOI: 10.34925/EIP.2022.149.12.057.
12. Худов А.М., Синельников И.Ю. Цифровизация сельского хозяйства как «ответ» на вызовы времени // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2021. № 5. С. 29–34. DOI: 10.31442/0235-2494-2021-0-5-29-34.

References

1. Adzhimet G.Kh. Transformatsiya tsifrovizatsii agrarnogo sektora v mire [Transformation of the digitalization of the agrarian sector in the world]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo = Economy and Entrepreneurship*. 2020;12(125): 220-225. DOI: 10.34925/EIP.2021.125.12.044. (In Russ.).
2. Arbenina E.A., Iablonskaya S.I. Kompleksnoe razvitie sel'skikh territorij: problemy i perspektivy [Integrated development of rural areas: challenges and opportunities]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;3(74):156-162. (In Russ.).
3. Gazetdinov M.Kh. Aspekty tsifrovizatsii agrarnogo sektora ekonomiki [Aspects of digitalization of the agricultural sector]. *Finansovaya ekonomika = Financial Economy*. 2019;7:13-17. (In Russ.).
4. Dayoub N. Razvitie tsifrovizatsii sel'skogo khozyajstva v Rossii i zarubezhnykh stranakh [Development of digitalization of agriculture in Russia and foreign countries]. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skokhozyajstvennoj akademii = Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2022;5:199-206. (In Russ.).
5. Dolzhenko M. Problemy i perspektivy primeneniya sovremennykh tehnologij v agrarnom sektore [Problems and prospects of application of modern technologies in the agricultural sector]. *Teoriya i praktika sovremennoj nauki = Theory and Practice of Modern Science*. 2020;5(59):169-172. (In Russ.).
6. Ivanova O.E. Napravleniya razvitiya tsifrovizatsii rossijskogo agrarnogo sektora [The directions of development of digitalization of the Russian agrarian sector]. *Aktual'nye voprosy agrarnoj nauki = Actual Issues of Agrarian Science*. 2022;43:43-49. (In Russ.).
7. Izmaylov M.K. Izmenenie tscennostej i orientirov upravlenija promyshlennymi predpriyatijami v ramkakh tsifrovoj transformatsii [Changing values and guidelines for the management of industrial enterprises in the framework of digital transformation]. *Beneficium*. 2022;4(45):51-58. (In Russ.).
8. Ofitsial'nye dannye Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki Rossijskoj Federatsii [Official data of the Federal State Statistics Service of the Russian Federation]. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/>. (In Russ.).
9. Putivskaya T.B., Podsevatkina E.A. Perspektivy malykh form khozyajstvovaniya v usloviyakh tsifrovizatsii agrarnogo sektora [Prospects of small forms of economy in the conditions of digitalization of the agricultural sector]. *Ekonomika sel'skogo khozyajstva Rossii = Economics of Agriculture of Russia*. 2020;9:15-23. DOI: 10.32651/209-15. (In Russ.).
10. Romanova L.V., Shashkova I.G. Razvitie agropromyshlennogo kompleksa v usloviyakh tsifrovoj ekonomiki [Development of Agro-Industrial Complex in the digital economy]. *Fundamental'nye issledovaniya = Fundamental Research*. 2020;11:152-156. (In Russ.).
11. Sozaeva T.Kh., Turlii S.I., Tarchokov B. Yu. Sovremennoe sostojanie tsifrovoj sredy agrarnogo sektora ekonomiki [The current state of the digital environment of the agricultural sector of the economy]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo = Economics and Entrepreneurship*. 2022;12(149):300-304. DOI: 10.34925/EIP.2022.149.12.057. (In Russ.).
12. Khudov A.M., Sinelnikov I.Ju. Tsifrovizatsiya sel'skogo khozyajstva kak "otvet" na vyzovy vremeni [Digitalization of agriculture as a "response" to the challenges of the modern time]. *Ekonomika sel'skokhozyajstvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatij = Economics of agricultural and processing enterprises*. 2021;5: 29-34. DOI: 10.31442/0235-2494-2021-0-5-29-34. (In Russ.).

Информация об авторах

Л.А. Запорожцева – доктор экономических наук, доцент, зав. кафедрой экономического анализа, статистики и прикладной математики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», LUDAN23@yandex.ru.

М.К. Измайлов – кандидат экономических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Высшая школа производственного менеджмента, izmajlov_mk@spbstu.ru.

Е.А. Арбенина – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики АПК ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», sneltyndufe@mail.ru.

Н.В. Леонова – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики АПК ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», natalya-demcheva@yandex.ru.

Information about the authors

L.A. Zaporozhtseva, Doctor of Economic Sciences, Docent, Head of the Dept. of Economic Analysis, Statistics and Applied Mathematics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, LUDAN23@yandex.ru.

M.K. Izmaylov, Candidate of Economic Sciences, Docent, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Graduate School of Industrial Management, izmajlov_mk@spbstu.ru.

E.A. Arbenina, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Economics in Agro-Industrial Complex, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, sneltyndufe@mail.ru.

N.V. Leonova, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Economics in Agro-Industrial Complex, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, natalya-demcheva@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 23.08.2023; одобрена после рецензирования 24.09.2023; принята к публикации 27.09.2023.

The article was submitted 23.08.2023; approved after reviewing 24.09.2023; accepted for publication 27.09.2023.

© Запорожцева Л.А., Измайлов М.К., Арбенина Е.А., Леонова Н.В., 2023

5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА
(ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 338.431.2

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_3_189

EDN: LSWFBZ

**Проблемы становления и развития информационно-консультационной
службы агропромышленного комплекса (ИКС АПК) России**

**Марина Владимировна Муравьева^{1✉}, Игорь Леонидович Воротников²,
Павел Александрович Солопов³, Магомед Шайхович Гутуев⁴**

^{1,3}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова, Саратов, Россия

²Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия,
Нижний Новгород, Россия

⁴Дагестанский государственный университет народного хозяйства, Махачкала, Россия

¹muravmar2007@yandex.ru✉

Аннотация. Рассмотрены проблемы становления и развития информационно-консультационной службы агропромышленного комплекса (ИКС АПК) России, представлен ретроспективный анализ консультирования сельхозтоваропроизводителей, выделены исторические этапы национального развития системы сельского консультирования: 1) трансфера технологий в эпоху петровских реформ начала XVIII в.; 2) создания сельскохозяйственных обществ с функциями обучения и консультирования; 3) зарождения сельскохозяйственного обучения в рамках государственной системы; 4) сельскохозяйственного консультирования на основе развития земств, 5) развития советского сельского консультирования; 6) становления рыночно-государственной модели ИКС АПК; 7) инновационного развития цифровизации и ИКС АПК. Показана важность и разработаны направления перехода к модернизации сельского консультирования в сложившихся условиях, в том числе развитие центров агроконсалтинга по инновационным направлениям растениеводства и животноводства, внедрение инноваций в области цифровизации АПК, создание условий для акселерации агростартапов. Определена цель построения цифровой платформы агроконсалтинга и ее элементы. Разработан проект организационной схемы ИКС АПК, включающий в себя взаимодействие государственных и региональных структур, научных центров и аграрных вузов на основе создания центров агроконсалтинга и проектных офисов, которые имеют универсальные элементы, адаптированные к условиям регионов и различным сельским территориям. Представлен графический проект организационной схемы информационно-консультационного обслуживания АПК, выявлены приоритетные направления агроконсалтинга, определено соответствие проекта организационной схемы ИКС АПК России актуализированным направлениям аграрной политики страны. Показано, что создание новой модели ИКС АПК будет способствовать достижению цели «цифровой зрелости» аграрной отрасли, определять проблематику развития сельских территорий для принятия оперативных управленческих решений.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс (АПК), информационно-консультационная служба (ИКС), проектный офис, цифровой менеджмент, агроскаутинг

Для цитирования: Муравьева М.В., Воротников И.Л., Солопов П.А., Гутуев М.Ш. Проблемы становления и развития информационно-консультационной службы агропромышленного комплекса (ИКС АПК) России // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 3(78). С. 189–197. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_189-197.

5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS
(ECONOMIC SCIENCES)

Original article

**Challenges of formation and development of the Information
and Advice Service of Agro-Industrial Complex of Russia**

Marina V. Muravieva^{1✉}, Igor L. Vorotnikov², Pavel A. Solopov³, Magomed Sh. Gutuev⁴

^{1,3}Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov,
Saratov, Russia

²Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia

⁴Dagestan State University of National Economy, Makhachkala, Russia

¹muravmar2007@yandex.ru✉

Annotation. The authors consider the challenges of formation and development of the Information and Advice Service of the Agro-Industrial Complex (IAS AIC) of Russia and present a retrospective analysis of consulting of agricultural producers. The following historical stages of national development of rural consulting system have been identified: 1) technology transfer in the era of Peter the Great reforms in the beginning of the XVIII century; 2) creation of agricultural societies with the functions of training and consulting; 3) emergence of agricultural education within the state system; 4) agricultural consulting on the basis of development of provincial councils (zemstvos), 5) development of Soviet rural consulting; 6) formation of a market-state model of IAS AIC; 7) innovative development of digitalization and IAS AIC. The authors underline the importance and the directions of transition to modernization of rural consulting in the current conditions, including the development of agroconsulting centers for innovative domains of crop production and animal husbandry, the implementation of innovations in the field of digitalization of AIC, and the creation of conditions for the acceleration of agricultural startups. The authors have defined the purpose of building a digital agroconsulting platform and its elements and developed a draft organizational scheme of IAS AIC, which includes the interaction of state and regional structures, research centers and agrarian universities on the basis of creation of agroconsulting centers and project offices that have universal elements adapted to the conditions of regions and various rural territories. The authors present a graphic project of the organizational scheme of information and advice services of AIC and identify the priority directions of agroconsulting. It has been determined that the draft organizational scheme of IAS AIC of Russia complies with the updated directions of the country's agrarian policy. It is shown that the creation of a new model of IAS AIC will contribute to achieving the goal of "digital maturity" of the agricultural industry and will diagnose the challenges of rural development for making prompt managerial decisions.

Key words: Agro-Industrial Complex (AIC), Information and Advice Service (IAS), project office, media asset management, scouting in agriculture

For citation: Muravieva M.V., Vorotnikov I.L., Solopov P.A., Gutuev M.Sh. Challenges of formation and development of the Information and Advice Service of Agro-Industrial Complex of Russia. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(3):189-197. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_189-197.

Эффективность агропромышленного производства и устойчивость развития сельского хозяйства России в решающей степени зависят от использования достижений научно-технического прогресса. В числе основных направлений государственной поддержки развития сельского хозяйства, решения проблем модернизации отрасли важная роль отводится сельскохозяйственному консультированию.

Изменения внешнеполитической ситуации, обостряющие риски, обусловленные в том числе экономической неопределенностью, подчеркивают необходимость усиления информационно-консультационной поддержки сельхозтоваропроизводителей для создания продовольственного щита России.

В настоящее время особую актуальность приобретает проблема раскрытия внутренних резервов повышения эффективности сельскохозяйственных предприятий, решение которой зависит от полноты внедрения наукоемких технологий в реальное производство. Ресурсоемкие экстенсивные технологии уходят в прошлое, а на смену им приходят цифровые роботизированные системы точного земледелия и управления животноводством.

В этой связи особое внимание уделяется регулярному информированию сельхозтоваропроизводителей о передовых достижениях науки и техники, консалтингу по вопросам их трансферта в производство. Отжившие свое модели директивного и индикативного управления трансформируются в систему агроконсалтинга агробизнеса. При этом сложившаяся концепция построения информационно-консультационной деятельности нуждается в коренной модернизации как на методологическом, так и на практическом уровнях.

Целью исследования является изучение информационно-консультационной деятельности в аграрном секторе в условиях внешнеполитической нестабильности, а также разработка системы агроконсультирования и информатизации сельхозтоваропроизводителей на основе агроуниверситетских инновационно-производственных кластеров.

Информационно-консультационная служба агропромышленного комплекса страны (далее – ИКС АПК) имеет глубокие исторические корни, уходящие в начало XVIII в. Можно выделить основные этапы системы российского консультирования аграрного сектора экономики.

Этап 1 – трансфер технологий в эпоху петровских реформ начала XVIII в., который условно можно назвать этапом элементарного профессионального сопровождения импортируемых технологий. Так, при Петре I начались активные работы по трансферту технологий из Европы, что сопровождалось консультированием со стороны зарубежных ученых: развитие молочного скотоводства, тонкорунного овцеводства, шелководства; введение уборки хлебов косами вместо серпов; попытка ввести в севообороты культуру картофеля. Все эти мероприятия сопровождалось выпиской из Европы не только семян и новых пород сельскохозяйственных животных (в частности, голландских быков), но и специалистов (мастеров) [15].

Этап 2 – создание сельскохозяйственных обществ с функциями обучения и консультирования. Так, в 1765 г. было создано при поддержке Екатерины II Императорское Вольное экономическое общество, в функции которого входило в том числе распространение среди дворянства прогрессивных идей организации сельскохозяйственных работ для повышения урожайности и большей рациональности труда. Это общество функционирует и в наши дни, иницируя и поддерживая актуальные научно-исследовательские разработки в экономике.

Этап 3 (1797–1861 гг.) – зарождение сельскохозяйственного обучения в рамках государственной системы. В 1797 г. при Сенате была создана правительственная Экспедиция государственного хозяйства, опекунства иностранного и сельского домоводства. Одной из важных функций стало создание практической школы земледелия с опытными полями близ г. Павловска, где демонстрировалась эффективность многопольного хозяйства, севооборотов, внесения удобрений, осушения болот. Также на русский язык переводились лучшие зарубежные сельскохозяйственные труды. Обучение было 3-летним для 53 учеников от 18 до 30 лет разных сословий. Школа просуществовала до 1803 г. Экспедиция занималась и другими вопросами, важнейшим из которых стал мониторинг цен на хлеб и введение монопольной реализации хлеба во всех городах, что было связано с регулированием запасов хлеба, вопросов сохранения зерновых запасов, нарезки земель для крестьян, а также регулирование сельского хозяйства в колониях иностранцев. Деятельность Экспедиции подробно была описана в работе В.И. Вешнякова [1]. Вопросами совершенствования земледелия занимались и другие создаваемые учреждения. Так, в 1833 г. был создан комитет по усовершенствованию земледелия в России, а в 1834 г. Министерство финансов приступило к созданию «института практических агрономов» [3].

Этап 4 (1861–1917 гг.) – сельскохозяйственное консультирование на основе развития земств. Аграрная реформа 1861 г. требовала развития сельского хозяйства на качественно новой основе. Формировалась земская модель агрономической помощи. Как отмечено В.М. Кошелевой и В.В. Маковецким, «несомненной заслугой земств явилась организация практической помощи населению в приобретении сельскохозяйственных орудий, семян и минеральных удобрений, для чего была создана целая сеть земских сельскохозяйственных складов, продававших машины и орудия за наличный расчет с рассрочкой платежа на несколько лет» [4]. Становление земской модели стимулировало развитие института сельских консультантов. Так, В.Д. Бан, подчеркивая первенство русской общественной агрономии, приводил статистические данные, согласно которым в 1913 г. в сельском хозяйстве России работало 9 тыс. консультантов, в то время как в Нидерландах – только 35, несмотря на то, что население России на тот момент в 10 раз превышало население Нидерландов [14]. По всей России была создана всеобщая сеть сельскохозяйственных курсов, которые впоследствии и сформировали систему высшего аграрного образования.

Этап 5 (1917–1991 гг.) – развитие советского сельского консультирования, видную роль в формировании фундамента советского консультирования сыграл А.В. Чая-

нов, который в своей работе «Основные идеи и методы работ общественной агрономии» (1918) подробно изложил опыт и взгляды на сельскохозяйственное консультирование [17]. Советский этап консультирования сельского хозяйства связан с переходом к широкомасштабному внедрению аграрного образования и системы научно-исследовательских институтов, в функции которых входило консультирование коллективных хозяйств по созданию эффективного механизма экономического развития отрасли. Этому способствовало создание эффективной системы распространения научно-технической информации, опытных демонстрационных полей, сельскохозяйственных выставок достижений колхозов и совхозов советской России. К сожалению, в 90-е гг. XX столетия эта система была разрушена, но принципы научного консультирования были использованы в процессе дальнейшего реформирования АПК страны.

Этап 6 (1993–2022 гг.) – становление рыночно-государственной модели ИКС АПК связано с несколькими процессами: переориентацией после 1991 г. аграрной системы на многоукладность форм хозяйствования, расширение и приоритет информационной поддержки малых форм хозяйствования, в первую очередь крестьянско-фермерского движения. Значительную роль здесь стало играть использование зарубежного опыта в консультировании (extension services) и адаптация отечественного сельского хозяйства к условиям вступления в ВТО. Сельское консультирование становится важным элементом государственной аграрной политики (в Федеральном законе от 29.12.2006 № 264-ФЗ «О развитии сельского хозяйства» [13] в ст. 17 говорится о создании системы государственного информационного обеспечения в сфере сельского хозяйства, а Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2008–2012 годы включает в себя поддержку в виде оказания консультационной помощи [12]), формируется государственная концепция развития системы сельскохозяйственного консультирования [2]. В большинстве регионов страны создаются сети информационно-консультационных служб АПК, которые при финансировании государственной программы эффективно помогали селу в информировании, научном консультировании как по производственно-сбытовым, так и социальным вопросам.

Положительной динамике развития ИКС АПК способствовала и большая научная работа по исследованию процессов организации консультирования на селе. Особенно заметными работами в этой области были исследования В.В. Козлова [5–9]. Пик создания и развития ИКС АПК пришелся на 2009–2010 гг., а далее при снижении поддержки численность служб начала постепенно сокращаться. Так, в 2014 г. службы функционировали в 70 регионах страны, а в 2016 г. – в 63. Но даже при снижении в 2016 г. информационно-консультационные услуги сельскохозяйственным товаропроизводителям и сельскому населению оказывали 105 региональных и 480 районных (межрайонных) организаций, которые провели более 3,4 тыс. мероприятий. К 2023 г. количество ИКС резко сократилось. Проблема заключается в том, что политика создания в регионах ИКС на базе министерств (управлений) сельского хозяйства исчерпала свою эффективность, а их деятельность зачастую ограничивалась разработкой бизнес-планов и поддержкой в оформлении документов на различные виды субсидий. Однако этого явно недостаточно в условиях новых вызовов и санкций, трендов продовольственной безопасности в России и мире. Поэтому возникла необходимость проведения дополнительного исследования теоретико-методологических и внедренческих особенностей функционирования современной системы информационно-консультационного обслуживания сельского хозяйства. Потребность в модернизации системы ИКС АПК подчеркнута рядом исследований экономистов-аграрников [16], что заключается в переходе на инновационные рельсы [10] в рамках цифровой системы агроконсалтинга.

Этап 7 – инновационное развитие цифровизации и ИКС АПК.

В настоящее время экономически целесообразным представляется организация на базе ведущих аграрных вузов страны центров агроконсалтинга по инновационным направлениям развития растениеводства и животноводства, прежде всего по таким актуальным вопросам, как обеспечение отечественными семенами и средствами защиты, агроскаутинг состояния посевов и защиты от болезней, сорняков, вредителей, племенной работы, агророботизация и цифровой менеджмент производственных процессов, углубление переработки сельскохозяйственного сырья, логистики и сбыта [2].

На первом и втором этапах реализации такой программы должна оказываться государственная (федеральная и региональная) поддержка, а на третьем – запускаться механизм внебюджетного самофинансирования от оказываемых агробизнесу услуг, в том числе от технологического, бухгалтерского и юридического аутсорсинга.

Построение цифровой платформы агроконсалтинга позволит значительно упростить доступ к государственным мерам поддержки, базам данных о потенциальных поставщиках ресурсов и потребителям произведенной продукции, финансовым и страховым институтам, а также сетевым и электронным торговым площадкам.

Цифровая платформа интегрирует массивы данных геоинформационного мониторинга, метеопрогнозов, ценового мониторинга, лучших практик ведения агробизнеса, различных ноу-хау по технологическим решениям и иную полезную для хозяйствующих субъектов информацию.

Суть реформы заключается в создании не собственно государственных автономных учреждений в этой сфере, а региональных проектных офисов развития сельского хозяйства с членством в них лидирующих агроуниверситетов, ведущих промышленных агропредприятий и органов управления АПК региона.

Региональные проектные офисы развития агробизнеса будут генерировать через университеты и научно-исследовательские институты новейшие агрознания, обеспечивать через учебно-базовые хозяйства их апробацию и дальнейшее тиражирование в производственных условиях.

Примером такого механизма может быть Проектный офис Нижегородской области, в состав которого вошли Нижегородский государственный агротехнологический университет с Научно-исследовательским институтом прикладных и фундаментальных агробιο-технологий, научно-образовательный центр региона, передовые предприятия отрасли и собственно государственные органы управления АПК. Данная архитектура системы информационно-консультационного обеспечения сельского хозяйства наиболее эффективна, так как позволяет мобильно реагировать на запросы предприятий, формировать научно-образовательным сообществом различные варианты решений с поддержкой их на региональном уровне, а также обеспечивает возможность привлечения кадровых инвестиционных институтов развития.

Последовательность работы предположительно следующая:

- 1) эксперты агротехнологического университета выявляют наиболее важные проблемы развития отрасли;
- 2) разрабатывают инновационные бизнес-проекты совместно с научно-образовательным центром и предприятиями-лидерами;
- 3) начинают внедрение бизнес-проектов, используя возможности инвестиционного механизма региона;
- 4) обеспечивают кадровое и технологическое сопровождение и мониторинг соответствия достигнутых показателей ключевым индикаторам развития.

Проектный офис осуществляет постоянный мониторинг процессов реализации инноваций, корректировку индикаторов и мероприятий, координацию научного и кадрового обеспечения сельхозтоваропроизводителей, а главное – консультационное обслуживание бизнес-проекта на разных этапах его жизненного цикла.

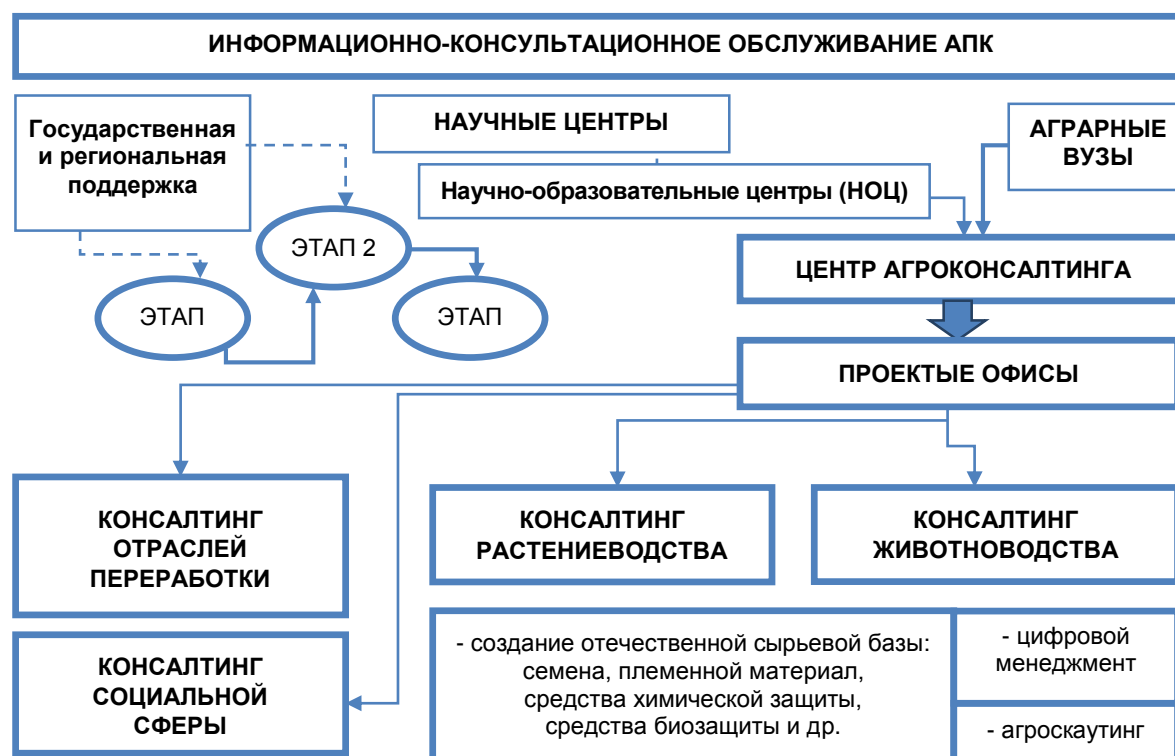
Важной функцией проектных офисов может стать мониторинг на региональном уровне и реализация ряда стратегических направлений в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации, предусмотренных Распоряжением Правительства РФ от 29 декабря 2021 г. № 3971-р [11] с целью повышения эффективности производственных процессов, расширения сбытовых возможностей и повышения цифровой грамотности (достижения «цифровой зрелости») работников предприятий в сфере агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов. В соответствии с данным Распоряжением предусматривается разработка элементов единой цифровой платформы агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов, в том числе сбор данных, отражающих наличие в цифровом формате информации о сортах семян и саженцев сельскохозяйственных культур, генетической информации о племенных животных, об учете сельскохозяйственных животных; об обороте животноводческой продукции; о землях сельскохозяйственного назначения, в том числе их качественные характеристики (показатели плодородия и наличие мелиорации); о земельных участках сельскохозяйственного назначения, синхронизированных со сведениями Единого государственного реестра недвижимости; о структуре севооборотов, осуществляемых на земельных участках; о количестве и видах вносимых удобрений, включая азотные; о состоянии посевов и объемах сельскохозяйственных культур на обрабатываемых землях; о сельских населенных пунктах и постоянно проживающем в них населении; о видах и размере получаемой государственной поддержки; о повышении квалификации работников предприятий агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов по образовательным программам, включающим программы освоения цифровых компетенций в агропромышленном и рыбохозяйственном комплексах.

Заслуживает внимания опыт акселерации агроинновационных стартапов в Саратовском государственном университете генетики, биотехнологии и инженерии, основанный на построении системы модельных учебно-научных производственных структур в вузе и апробации на их базе различных проектов с последующим оформлением типового проектного решения для тиражирования в агробизнесе. Например, эффективными стартап-продуктами такого механизма являются разнообразные мяскоколбасные изделия из дичи, саратовский калач, соковая продукция функциональной направленности, цифровые решения и др.

Результатами работы Нижегородского научно-образовательного центра являются линейка микроэлементных добавок для животноводства, первый отечественный роботизированный молочный комплекс и возрожденные типы племенных животных КРС и овец. Эффективной работе научно-образовательного центра региона способствует сотрудничество с Республикой Беларусь.

Важнейшим звеном дальнейшего развития сельскохозяйственных предприятий безусловно выступает система онлайн-консультирования сельхозтоваропроизводителей по вопросам реализации агроинноваций с привлечением ведущих экспертов центра. При необходимости формируется группа агроскаутов из числа лучших магистрантов и аспирантов для фактического изучения первичного материала на месте с передачей его эксперту-консультанту. Такая форма агроконсалтинга позволяет оперативно разрабатывать и принимать управленческие решения, избегать излишних затрат на содержание собственного агроконсультанта и вовремя корректировать проект (см. рис.).

Конечно, актуальными остаются такие классические формы продвижения агроинноваций, как дни поля, животновода, технолога, садовода и др., при этом доказано на практике, что система цифрового консультирования (вопрос-ответ) позволяет сгенерировать самые оптимальные решения.



Проект организационной схемы информационно-консультационного обслуживания предприятий агропромышленного комплекса (ИКС АПК)

Таким образом, традиционная система информационно-консультационного обеспечения агробизнеса должна глубоко трансформироваться с обязательным включением в нее таких важнейших элементов, как акселерация агростартапов научно-образовательными центрами, отбор лучших инновационных практик экспертами-тренерами, их апробация на учебно-базовых полигонах или агробиотехнопарках с последующим тиражированием и мотивацией со стороны органов управления сельского хозяйства. Главное, все эти элементы должны сопровождать цифровую трансформацию всех процессов от поля до прилавка и онлайн агроконсультационное обслуживание.

Необходимо отметить, что создание единой информационной системы сопряжено с определенными сложностями, обусловленными существенной дифференциацией субъектов системы, сложной схемой их взаимодействия, многоаспектностью и разнообразием используемой информации, разнообразием технического парка, дефицитом квалифицированных кадров и недостаточным финансированием.

Формы образования подобной системы могут быть различными (региональный проектный офис, агроуниверситетский инновационно-производственный кластер, научно-образовательный центр, корпорация развития и др.), но суть остается единой – это система последовательной генерации знаний, проектов и продуктов, апробация инноваций на модельных производствах, цифровой агроконсалтинг и тиражирование в коалиции с мотивационными институтами.

Заключение

Создание новой модели информационно-консультационной службы АПК будет способствовать повышению инвестиционной привлекательности аграрной сферы, достижению цели «цифровой зрелости» работников предприятий аграрной отрасли, а также определять проблематику развития сельских территорий для принятия эффективных оперативных управленческих решений.

Список источников

1. Вешняков В.И. Экспедиция государственного хозяйства (1797–1803 г.). Санкт-Петербург: типография т-ва «Общественная польза», 1902. 61 с.
2. Егоров Ю.Н., Савенко В.Г., Демишкевич Г.М. и др. Концепция развития системы сельскохозяйственного консультирования на период до 2015 года. Москва: Российский центр сельскохозяйственного консультирования, 2009. 23 с.
3. Иванова Е.В. Информационно-консультационное обеспечение управления устойчивым развитием сельского хозяйства северного региона // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2012. № 4(22). С. 174–187.
4. Информационно-консультационная служба в АПК: учебное пособие; под ред. В.М. Кошелева и В.В. Маковецкого. Москва: Агроконсалт, 2001. 348 с.
5. Козлов В.В. Информационно-консультационное обслуживание АПК. Системная интеграция // Вестник ОрелГАУ. 2007. № 6. С. 25–26.
6. Козлов В.В., Козлова Е.Ю. Сельскохозяйственная консультационная деятельность: региональный аспект. Москва: Росинформагротех, 2010. 183 с.
7. Козлов В.В. Консультационная деятельность на сельских территориях: учебно-методическое пособие. Москва: Издательство РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2009. 390 с.
8. Козлов В.В. Сущность и основные функции консультирования // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2009. № 1. С. 76–80.
9. Козлов В.В. Формирование и функционирование региональной информационно-консультационной службы АПК (теория, методология и практика): дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05. Москва, 2001. 295 с.
10. Оборин М.С. Функционирование инновационно-консультационной инфраструктуры в агропромышленном комплексе // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2022. Т. 8, № 2(30). С. 191–201. DOI: 10.30914/2411-9687-2022-8-2-191-201.
11. Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 декабря 2021 г. № 3971-р [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/2162858/> (дата обращения: 18.03.2023).
12. О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2008–2012 годы: Постановление Правительства Российской Федерации от 14 июля 2007 г. № 446 [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/2162858/> (дата обращения: 18.03.2023).
13. О развитии сельского хозяйства: Федеральный закон от 29.12.2006 № 264-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/24837> (дата обращения: 18.03.2023).
14. Основы организации и функционирования информационно-консультационной службы в АПК: учебное пособие; под ред. В.М. Кошелева. Москва: Изд-во МСХА, 1999. 268 с.
15. Словник: Большая советская энциклопедия. Москва: Советская энциклопедия, 1926. Т. 1: А – Аколла. 416 с.
16. Фролова О.А., Гришина Т.В., Панина Е.В. Функционирование инновационно-консультационной инфраструктуры в АПК // Вестник НГИЭИ. 2021. № 4(119). С. 81–94. DOI: 10.24412/2227-9407-2021-4-81-94.
17. Чайнов А.В. Основные идеи и методы работы общественной агрономии. 2-е изд., доп. Москва: Новая деревня, 1922. 135 с.

References

1. Veshnyakov V.I. Ekspeditsiya gosudarstvennogo khozyajstva (1797-1803 gg.) [Expedition of the State Economy (1797-1803)]. Saint Petersburg: Obshchestvennaya pol'za Publishing House; 1902. 61 p. (In Russ.).
2. Egorov Yu.N., Savenko V.G., Demishkevich G.M. et al. Kontseptsiya razvitiya sistemy sel'skokhozyajstvennogo konsul'tirovaniya na period do 2015 goda [The concept of development of the agricultural consulting system for the period up to 2015]. Moscow: Russian Center for Agricultural Consulting; 2009. 23 p. (In Russ.).
3. Ivanova E.V. Informatsionno-konsul'tatsionnoe obespechenie upravleniya ustojchivym razvitiem sel'skogo khozyajstva severnogo regiona [Information and consulting support for the management of sustainable development of agriculture in the northern region]. *Ekonomicheskie i sotsial'nyye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz = Economic and Social Changes: facts, trends, forecast*. 2012;4(22):174-187. (In Russ.).
4. Informatsionno-konsul'tatsionnaya sluzhba v APK: uchebnoe posobie; pod redaktsiej V.M. Kosheleva i V.V. Makovetskogo [Information and consulting service in Agro-Industrial Complex: textbook; edited by V.M. Koshelev and V.V. Makovetsky]. Moscow: Agroconsult; 2001. 348 p. (In Russ.).
5. Kozlov V.V. Informatsionno-konsul'tatsionnoe obsluzhivanie APK. Sistemnaya integratsiya [Information and consulting services for Agro-Industrial Complex. System integration]. *Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik Orel State Agrarian University*. 2007;6:25-26. (In Russ.).
6. Kozlov V.V., Kozlova E.Yu. Sel'skokhozyaystvennaya konsul'tatsionnaya deyatel'nost': regional'nyj aspekt [Agricultural consulting activities: regional aspect]. Moscow: Rosinformagrotech; 2010. 183 p. (In Russ.).
7. Kozlov V.V. Konsul'tatsionnaya deyatel'nost' na sel'skikh territoriyakh: uchebno-metodicheskoe posobie [Consulting activities in rural areas: educational and methodological manual]. Moscow: Russian Timiryazev State Agrarian University Press; 2009. 390 p. (In Russ.).

8. Kozlov V.V. Sushchnost' i osnovnye funktsii konsul'tirovaniya [Essence and basic functions of consulting]. *Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N.I. Vavilova = Bulletin of Saratov State Agrarian University in honor of N.I. Vavilov*. 2009;1:76-80. (In Russ.).

9. Kozlov V.V. Formirovanie i funktsionirovaniye regional'noj informatsionno-konsul'tatsionnoj sluzhby APK (teoriya, metodologiya i praktika) [Formation and functioning of the regional information and consulting service of Agro-Industrial Complex (theory, methodology and practice)]: dissertatsiya ... doktora ekonomicheskikh nauk = Doctoral Dissertation in Economic Sciences: 08.00.05. Moscow; 2001. 295 p. (In Russ.).

10. Oborin M.S. Funktsionirovanie innovatsionno-konsul'tatsionnoj infrastruktury v agropromyshlennom komplekse [Functioning of the innovation and consulting infrastructure in Agro-Industrial Complex]. *Vestnik MARIJSKOGO gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Sel'skokhozyajstvennye nauki. Ekonomicheskie nauki = Vestnik of the Mari State University. Series: Agriculture. Economics*. 2022;8(2):191-201. DOI: 10.30914/2411-9687-2022-8-2-191-201. (In Russ.).

11. Ob utverzhdenii strategicheskogo napravleniya v oblasti tsifrovoj transformatsii otraslej agropromyshlennogo i rybokhozyajstvennogo kompleksov Rossijskoj Federatsii na period do 2030 goda: Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossijskoj Federatsii ot 29 dekabrya 2021 g. № 3971-r [On approval of the strategic direction in the field of digital transformation of Agro-Industrial and Fishery sectors of the Russian Federation for the period up to 2030: Decree of the Government of the Russian Federation No. 3971-r of December 29, 2021]. URL: <https://base.garant.ru/2162858/>. (In Russ.).

12. O Gosudarstvennoj programme razvitiya sel'skogo khozyajstva i regulirovaniya rynkov sel'skokhozyajstvennoj produktsii, syr'ya i prodovol'stviya na 2008-2012 gody: Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federatsii ot 14 iyulya 2007 g. № 446 (s posleduyushchimi izmeneniyami i dopolneniyami) [On the State Program for the Development of Agriculture and Regulation of Agricultural Products, Raw Materials and Food Markets for 2008-2012: Decree of the Government of the Russian Federation No. 446 of July 14, 2007 (as subsequently amended)]. URL: <https://base.garant.ru/2162858/>. (In Russ.).

13. O razvitii sel'skogo khozyajstva: Federal'nyj zakon ot 29.12.2006 № 264-FZ [Concerning the Development of Agriculture: Federal Law No. 264-FZ of 29.12.2006]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/24837>. (In Russ.).

14. Osnovy organizatsii i funktsionirovaniya informatsionno-konsul'tatsionnoj sluzhby v APK: uchebnoe posobie; pod red. V.M. Kosheleva [Fundamentals of the organization and functioning of the information and consulting service in Agro-Industrial Complex: textbook; edited by V.M. Koshelev]. Moscow: Moscow Timiryazev State Agricultural Academy Press; 1999. 268 p. (In Russ.).

15. Slovník: Bol'shaya Sovetskaya Entsiklopediya [Dictionary: The Great Soviet Encyclopedia]. Moscow: Soviet Encyclopedia; 1926. Vol. 1: A – Acolla. 416 p. (In Russ.).

16. Frolova O.A., Grishina T.V., Panina E.V. Funktsionirovanie innovatsionno-konsul'tatsionnoj infrastruktury v APK [Functioning of innovation and consulting infrastructure in the Agro-Industrial Complex]. *Vestnik NGIEI = Bulletin of NGIEI*. 2021;4(119):81-94. DOI: 10.24412/2227-9407-2021-4-81-94. (In Russ.).

17. Chayanov A.V. Osnovnye idei i metody raboty obshchestvennoj agronomii. 2-e izd., dop. [Main ideas and methods of public agronomy. 2nd edition, enlarged]. Moscow: Novaya derevnya; 1922. 135 p. (In Russ.).

Информация об авторах

М.В. Муравьева – доктор экономических наук, доцент кафедры экономики агропромышленного комплекса ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова», ORCID 0000-0001-5126-1508, zesain@yandex.ru.

И.Л. Воротников – доктор экономических наук, ректор ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия», ORCID 0000-0003-3631-8275, vorotnikov.i@nnsaa.ru.

П.А. Солопов – аспирант кафедры проектный менеджмент и внешнеэкономическая деятельность в АПК ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова», oporasar@mail.ru.

М.Ш. Гутуев – доктор технических наук, профессор кафедры экономики ГАО ВО «Дагестанский государственный университет народного хозяйства», economy@dginh.ru.

Information about the authors

M.V. Muravieva, Doctor of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Economics of Agro-Industrial Complex, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, ORCID 0000-0001-5126-1508, zesain@yandex.ru.

I.L. Vorotnikov, Doctor of Economic Sciences, Rector, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, ORCID 0000-0003-3631-8275, vorotnikov.i@nnsaa.ru.

P.A. Solopov, Postgraduate Student, the Dept. of Project Management and Foreign Economic Activity in Agro-Industrial Complex, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, oporasar@mail.ru.

M.Sh. Gutuev, Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Economics, Dagestan State University of National Economy, economy@dginh.ru.

Статья поступила в редакцию 12.07.2023; одобрена после рецензирования 16.08.2023; принята к публикации 24.08.2023.

The article was submitted 12.07.2023; approved after reviewing 16.08.2023; accepted for publication 24.08.2023.

© Муравьева М.В., Воротников И.Л., Солопов П.А., Гутуев М.Ш., 2023

5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА
(ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 338.43:636.2.034(470)

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_3_198

EDN: MBFHVP

**Структурные изменения в производстве и потреблении
молока и молочных продуктов в России**

**Константин Семенович Терновых¹, Юрий Александрович Китаёв^{2✉},
Владимир Федорович Ужик³, Оксана Владимировна Китаёва⁴**

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

^{2, 3, 4}Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина,
Белгород, Россия

²Kitaev_YA@bsaa.edu.ru✉

Аннотация. В современных условиях перед сельскохозяйственными товаропроизводителями всех форм хозяйствования стоит задача производства достаточного количества молока, которое бы обеспечило как минимум необходимую норму потребления. Однако отсутствие должного внимания и системной государственной поддержки молочного скотоводства привело к деградации отрасли и сокращению производства молока более чем на 60%. В Российской Федерации начиная с 1990 г. сложилась негативная тенденция снижения среднедушевого потребления молока, в 2021 г. фактический уровень потребления молока и молочных продуктов составил всего 72,0% от рекомендованной медицинской нормы. В отрасли молочного скотоводства в настоящее время можно отметить парадоксальную ситуацию, которая характеризуется сокращением потребления молока и молочных продуктов в стране при одновременном росте объемов реализации молока товаропроизводителями. При этом происходят существенные структурные изменения в производстве: сокращение объемов молока первого сорта (на 4,4 млн т, или на 55,0%) и второго (на 0,6 млн т, или в 4,0 раза) при значительном увеличении производства молока высшего сорта. Проведенными расчетами доказана статистически достоверная обратная связь между среднедушевым уровнем потребления молока и долей молока высшего сорта в общем объеме его реализации (-0,798) и между среднедушевым уровнем потребления молока и фактической ценой его реализации (-0,787), которая может косвенно служить подтверждением экономической недоступности молока и молочных продуктов для широкого круга потребителей. С учетом того, что абсолютная величина среднедушевого потребления молока и молочных продуктов не является эластичной ни по цене, ни по доходу, целесообразно рассматривать как рабочую гипотезу рост требований к качеству молока и молочных продуктов под влиянием среднедушевых доходов.

Ключевые слова: потребление молока и молокопродуктов, Российская Федерация, реализация молока, цена реализации молока, среднедушевой доход, качество молока

Для цитирования: Терновых К.С., Китаёв Ю.А., Ужик В.Ф., Китаёва О.В. Структурные изменения в производстве и потреблении молока и молочных продуктов в России // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 3(78). С. 198–207. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_198–207.

5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS
(ECONOMIC SCIENCES)

Original article

**Structural changes in the production and consumption
of milk and dairy products in Russia**

**Konstantin S. Ternovykh¹, Yuriy A. Kitaev^{2✉},
Vladimir F. Uzhik³, Oksana V. Kitaeva⁴**

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

^{2, 3, 4}Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin, Belgorod, Russia

²Kitaev_YA@bsaa.edu.ru✉

Abstract. In modern conditions, agricultural producers of all organizational and legal forms give priority to producing a sufficient amount of milk that would provide at least the necessary consumption rate. However, the lack of proper attention and systematic state support for dairy cattle breeding has led to the degradation of the industry and a reduction in milk production by more than 60%. In the Russian Federation, since 1990, there has been a negative trend of decreasing average per capita milk consumption. In 2021, the actual level of consumption of

milk and dairy products was only 72.0% of the recommended medical norm. Currently, a paradoxical situation can be noted in the dairy cattle industry, which is characterized by a reduction in the consumption of milk and dairy products in the country while the volume of milk sales by commodity producers is simultaneously increasing. At the same time, there are significant structural changes in production: a reduction in the volume of milk of the first quality (by 4.4 million tons, or 55.0%) and the second (by 0.6 million tons, or 4.0 times) with a significant increase in milk production of premium quality. The calculations proved statistically reliable feedback between the average per capita level of milk consumption and the share of milk of premium quality in the total volume of its sale (-0.798) and between the average per capita level of milk consumption and the actual price of its sale (-0.787), which can indirectly serve as confirmation of the economic inaccessibility of milk and dairy products for a wide range of consumers. Taking into account the fact that the absolute value of the average per capita consumption of milk and dairy products is not elastic either in price or income, it is advisable to consider as a working hypothesis the growth of requirements for the quality of milk and dairy products under the influence of average per capita income.

Keywords: consumption of milk and dairy products, Russian Federation, marketing of milk, striking price of milk, per capita income, quality of milk

For citation: Ternovykh K.S., Kitaev Yu.A., Uzhik V.F., Kitaeva O.V. Structural changes in the production and consumption of milk and dairy products in Russia. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(3):198-207. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_198-207.

Коровье молоко и получаемые из него продукты имеют ключевое значение в обеспечении человека прежде всего белком животного происхождения, а также целым рядом витаминов и минералов. Кроме того, молоко обладает высокой пищевой ценностью: 1 литр молока 2,5% жирности по калорийности обеспечивает 35,4% рекомендуемого суточного потребления (РСП), а килограмм творога обеспечивает РСП полностью. Следовательно, перед товаропроизводителями всех форм хозяйствования стоит задача производства достаточного количества молока, которое бы обеспечило как минимум необходимую норму потребления. Однако структурные преобразования в экономике России, происходившие в 1990-е гг., породили существенные деструктивные явления в секторе реальной экономики, в том числе и в агропромышленном комплексе [14, 15]. Как следствие, значительно сократилось производство молока в сельскохозяйственных организациях, а крестьянские (фермерские) хозяйства, на которые были возложены большие надежды, себя в полной мере не оправдали. Отсутствие должного внимания и системной государственной поддержки молочного скотоводства привели к деградации отрасли и сокращению производства молока более чем на 60,0%.

Оценка степени воздействия анализируемых факторов на среднедушевое потребление молока в Российской Федерации осуществлялась на основе показателей, представленных в открытых специализированных базах данных Федеральной службы государственной статистики (ЕМИСС) с применением корреляционно-регрессионного анализа. Достоверность описательных уравнений регрессии определялась путем оценки коэффициента достоверности аппроксимации.

Несмотря на всю значимость молока в питании человека, в Российской Федерации начиная с 1990 г. наблюдается негативная тенденция снижения его среднедушевого потребления (рис. 1). Если на начало анализируемого периода потреблялось 387 кг молока и молочных продуктов на человека, то в 2021 г. – всего 234 кг, что меньше на 153 кг, или на 39,5%. Наиболее интенсивное сокращение потребления отмечалось в 1990–2000 гг., что соответствует системному спаду производства в агропродовольственном комплексе страны, после чего объем производства стабилизировался на уровне 227–246 кг в расчете на душу населения. Однако, вопреки прилагаемым усилиям по государственной поддержке молочного скотоводства в России, потребление данного продукта остается недостаточным и не соответствующим медицинским нормам [13]. В частности, в 2021 г. фактический уровень потребления молока и молочных продуктов составил всего 72,0% от рекомендованной медицинской нормы, доля молока высшего сорта с 2008 по 2021 г. выросла в 2,1 раза.

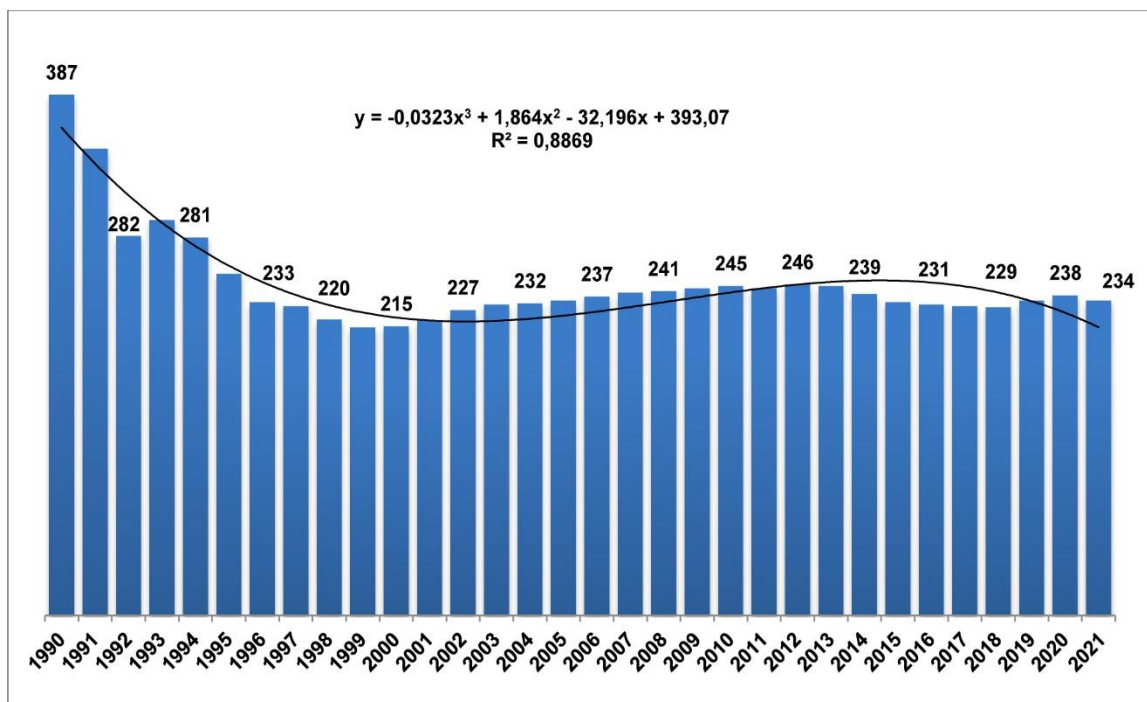


Рис. 1. Динамика потребления молока и молочных продуктов в Российской Федерации в 1990–2020 гг., кг

Источник: [7, 8].

Вместе с тем в стране отмечается существенный прирост товарного производства молока (рис. 2). За последние 15 лет объем реализации молока увеличился на 4,3 млн т, или на 30,7%. Данная тенденция во многом определяется тем, что начиная с 2000-х гг. активное развитие получило промышленное производство молока, развитие которого обусловило сокращение доли молока, используемого на личное потребление, и рост уровня его товарности [5].

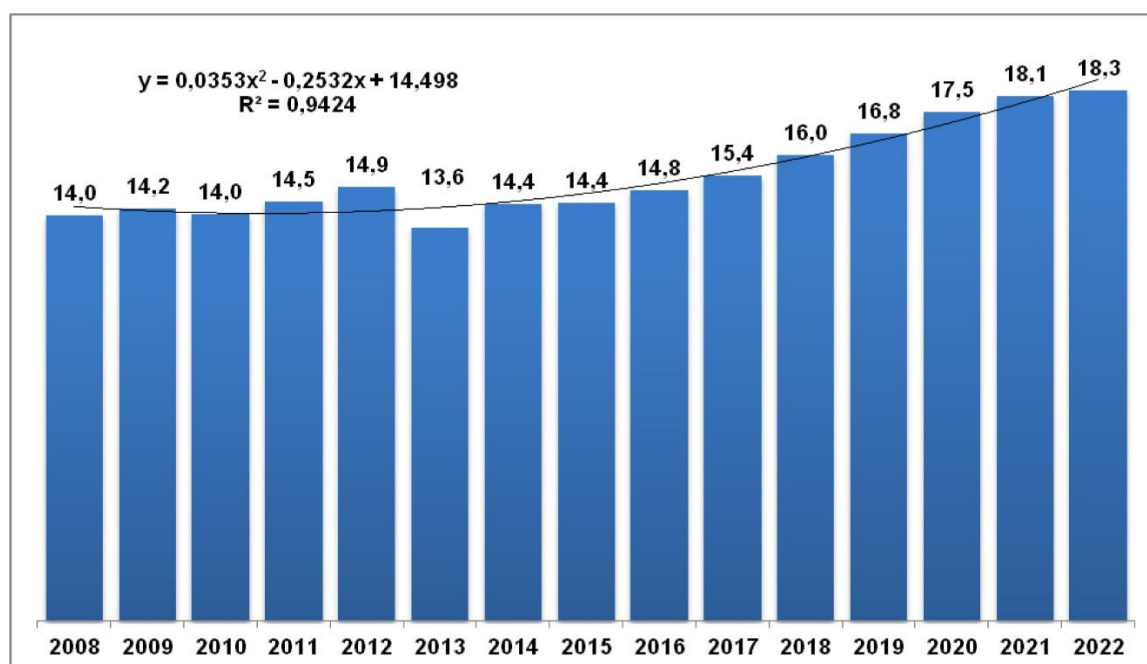


Рис. 2. Динамика реализации молока в Российской Федерации в 2008–2022 гг., млн т

Источник: [5].

Из приведенных данных можно сделать вывод, что в отрасли молочного скотоводства сложилась парадоксальная ситуация, характеризующаяся сокращением потребления молока и молочных продуктов при одновременном росте объемов реализации молока товаропроизводителями [4]. По нашему мнению, это обусловлено ростом экспорта производимого молока, который за период 1990–2021 гг. вырос в 5,6 раза и достиг в 2021 г. максимального уровня – 806 тыс. т (рис. 3).

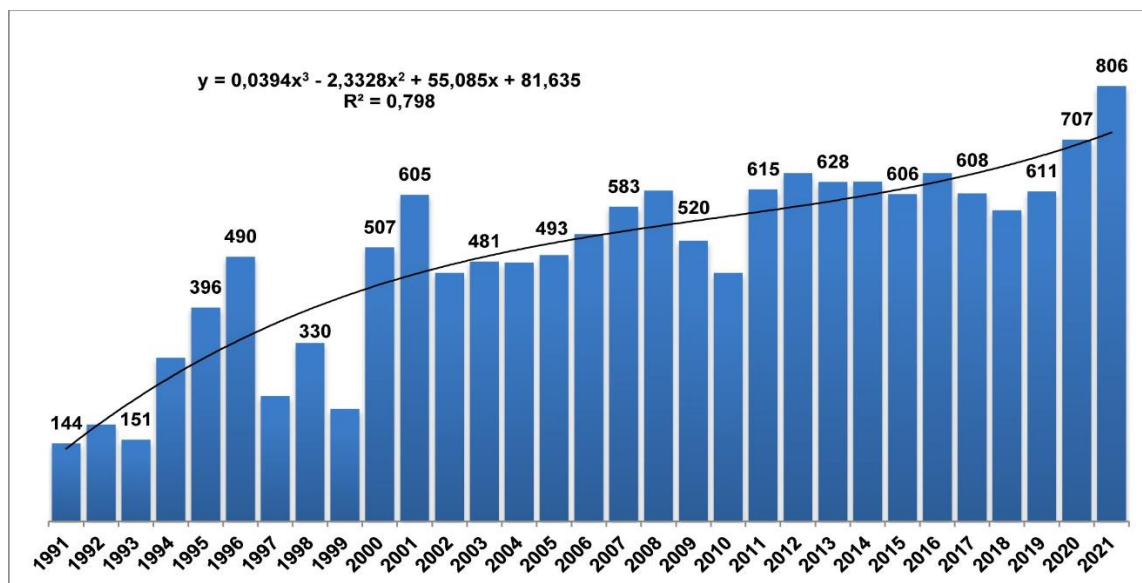


Рис. 3. Динамика экспорта молока из Российской Федерации в 1990–2021 гг., тыс. т

Источник: [4].

При этом следует обратить внимание на тот факт, что с 2000 по 2023 г. цена на молоко выросла в 9,4 раза, что должно было обеспечить интересы товаропроизводителей наращивать объем производства молока-сырья (рис. 4). Частично сложившаяся ситуация подтверждается ростом валового производства молока в стране с 2016 г., однако данный рост не обеспечил увеличение среднедушевого потребления молока. Это не соответствует основным критериям Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации, которая наряду с физическим объемом производства продукции предусматривает обязательство по экономической доступности продукции и ее безопасности [9, 10].

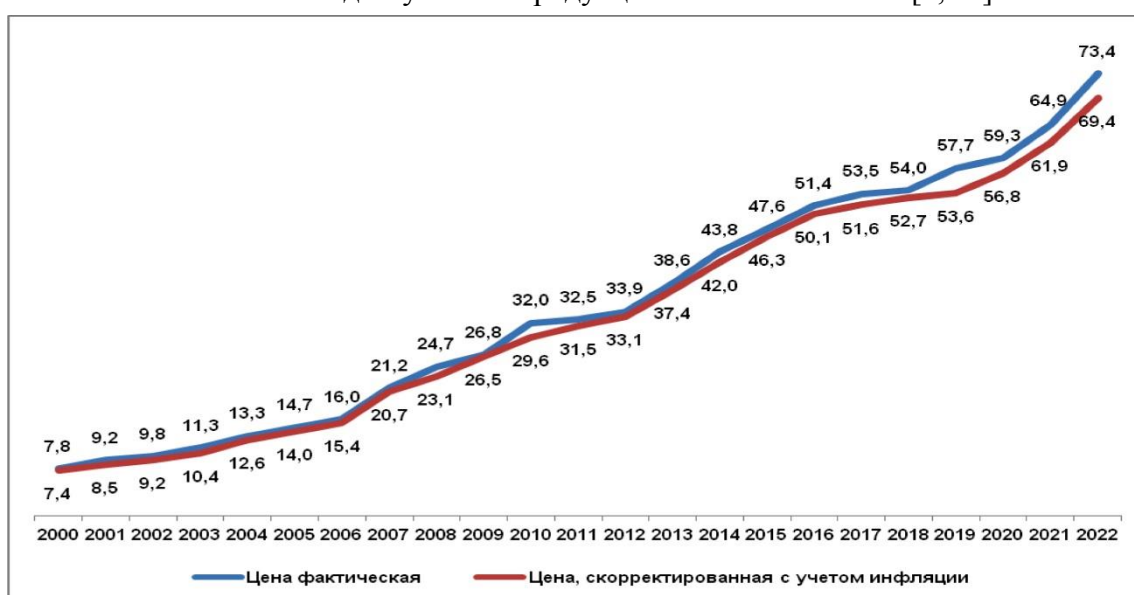


Рис. 4. Динамика цены на молоко питьевое цельное пастеризованное 2,5–3,2% жирности в Российской Федерации в 2000–2022 гг., руб./кг

Источник: [10, 11].

Если рассматривать обязательные требования к качеству молока-сырья, то в период 1990–2021 гг. они регулировались различными, порой противоречивыми нормативно-правовыми актами, которые предполагают дифференциацию всего производимого молока на три сорта – высший, первый и второй. Сортность определялась такими качественными характеристиками, как запах, вкус, кислотность, чистота, бактериальная обсемененность и содержание соматических клеток и др.

Разделение молока по сортам, кроме распределения по технологическим возможностям дальнейшей переработки, для товаропроизводителей заключалось еще и в дифференциации закупочной цены [3]. Именно этот фактор и обусловил резкий рост качества производимого молока. На рисунке 5 отражено, что производство молока высшего сорта выросло с 5,1 млн т в 2008 г. (36,7% от общего объема реализации) до 14,3 млн т в 2022 г. (78,0%). Таким образом, доля молока высшего сорта с 2008 по 2022 г. выросла в 2,1 раза при существенном сокращении производства молока первого сорта (на 4,4 млн т, или на 55,0%) и второго (на 0,6 млн т, или в 4,0 раза).

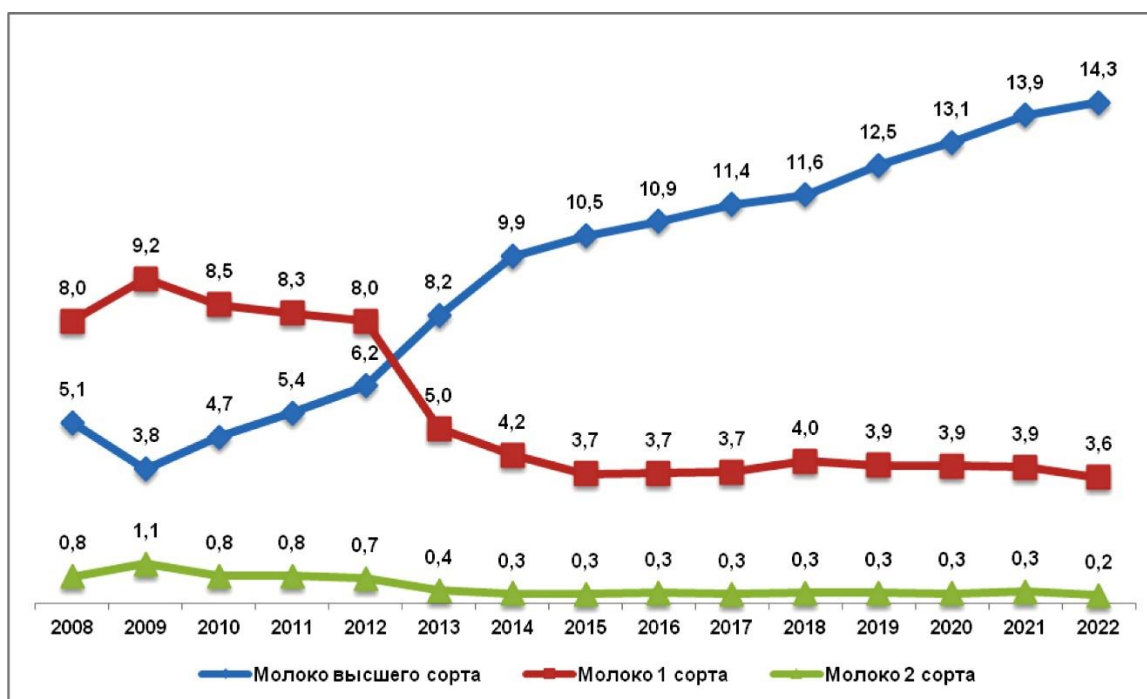


Рис. 5. Динамика объема реализации молока в Российской Федерации в 2008–2022 гг. в разрезе сортности, млн т

Источник: [5].

На основании проведенного анализа можно сделать ряд выводов, которые характеризуют современное состояние потребления и реализации молока в стране (табл. 1).

За период 2010–2021 гг. в стране, во-первых, среднедушевое потребление молока сократилось на 11 кг, или на 4,5%; во-вторых, фактическое потребление молока достигло 72,0% от рекомендованной медицинской нормы потребления; в-третьих, среднедушевые денежные доходы в месяц повысились на 20313,6 руб., или в 2,1 раза; в-четвертых, средняя фактическая цена реализации молока питьевого цельного пастеризованного 2,5–3,2% жирности (как одного из ключевых продуктов продовольственной корзины) возросла на 32,9 руб., или в 2,0 раза, а с учетом инфляции – в 2,1 раза; в-пятых, доля реализованного молока высшего сорта увеличилась в 2,3 раза при сокращении объемов производства молока первого и второго сортов.

Таблица 1. Динамика потребления и реализации молока в Российской Федерации в 2010–2021 гг.

Показатели	Годы							2021 г. в % к 2010 г.
	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	
Среднедушевое потребление молока и молочных продуктов, кг	245	246	239	231	229	238	234	95,5
Среднедушевые денежные доходы в месяц, руб.	18 958	23 221	27 412	30 865	33 361	36 240	40 272	в 2,1 раза
Цена реализации молока фактическая, руб./кг	31,99	33,88	43,81	51,44	54,04	59,32	64,89	в 2,0 раза
Цена реализации молока, скорректированная с учетом инфляции, руб./кг	29,6	33,1	42,0	50,1	52,7	56,8	61,9	в 2,1 раза
Доля молока высшего сорта, %	33,7	41,4	68,7	73,1	72,4	74,8	76,8	в 2,3 раза

Источник: [2, 7, 8, 9].

В связи с этим можно говорить о существовании статистически достоверной обратной связи между отдельными показателями (табл. 2), а именно между среднедушевым уровнем потребления молока и долей молока высшего сорта, долей молока высшего сорта в общем объеме его реализации ($-0,798$), между среднедушевым уровнем потребления молока и фактической ценой его реализации ($-0,787$), косвенно подтверждающей экономическую недоступность молока и молочных продуктов для широкого круга потребителей [2, 9].

Таблица 2. Степень тесноты связи между исследуемыми показателями потребления и реализации молока в РФ в 2010–2021 гг.

Показатели	Значение
Коэффициент парной корреляции между среднедушевым уровнем потребления молока и долей молока высшего сорта в общем объеме его реализации	$-0,798$
Коэффициент парной корреляции между среднедушевым уровнем потребления и фактической ценой реализации молока	$-0,787$
Коэффициент парной корреляции между среднедушевым уровнем доходов и долей молока высшего сорта в общей структуре реализации	$0,926$
Коэффициент парной корреляции между среднедушевым уровнем дохода и фактической ценой реализации молока пастеризованного	$0,992$
Коэффициент парной корреляции между фактическим уровнем цен на молоко пастеризованное и долей молока высшего сорта в общем объеме его реализации	$0,923$
Коэффициент парной корреляции между уровнем цен на молоко пастеризованное, скорректированным на уровень инфляции, и долей молока высшего сорта в общем объеме его реализации	$0,930$

Источник: [2, 7, 8, 9].

В процессе исследования установлена статистически достоверная высокая теснота связи между среднедушевым уровнем доходов и долей молока высшего сорта ($R^2 = 0,926$) и между фактически уровнем цен на молоко пастеризованное и долей молока высшего сорта в общем объеме его реализации ($R^2 = 0,992$), что свидетельствует о росте доходов населения как ключевом факторе, стимулирующем рост цен на молоко и молочные продукты и выполнение требований к качеству продукции.

Кроме того, выявлен рост фактических цен на молоко, предопределяющий повышение его качества и, как следствие, увеличение доли молока высшего сорта в общем объеме его реализации ($R^2 = 0,923$). Тем самым растущий рынок следует рассматривать как окно возможностей для отечественных молокопроизводителей.

С учетом того, что абсолютная величина среднедушевого потребления молока и молочных продуктов не является эластичной ни по цене, ни по доходу (табл. 3), то целесообразно как рабочую гипотезу рассматривать рост требований к качеству молока и молочных продуктов под влиянием среднедушевых доходов.

Таблица 3. Динамика коэффициента эластичности среднедушевого потребления молока в РФ в 2010–2021 гг.

Показатели	Годы							2021 г. в % к 2010 г.
	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	
Среднедушевое потребление молока и молочных продуктов, кг	245	246	239	231	229	238	234	95,5
Среднедушевые денежные доходы, руб.	18 958	23 221	27 412	30 865	33 361	36 240	40 272	в 2,1 раза
Цена реализации молока фактическая, руб./кг	31,99	33,88	43,81	51,44	54,04	59,32	64,89	в 2,0 раза
Коэффициент эластичности по цене	0,04	0,30	-0,18	-0,11	-0,39	0,61	-0,18	х
Коэффициент эластичности по доходу	0,07	0,11	-0,36	-0,43	-0,09	0,83	-0,15	х

Источник: [7, 8, 9, 10].

Поскольку на потребительском рынке отмечается повышение требований к качеству продукции, то закономерным является и рост доли стоимости молока-сырья в структуре готовой продукции (рис. 6). Так, доля затрат на молоко-сырье в структуре себестоимости пастеризованного молока в 2008–2021 гг. составляла 39–44%.

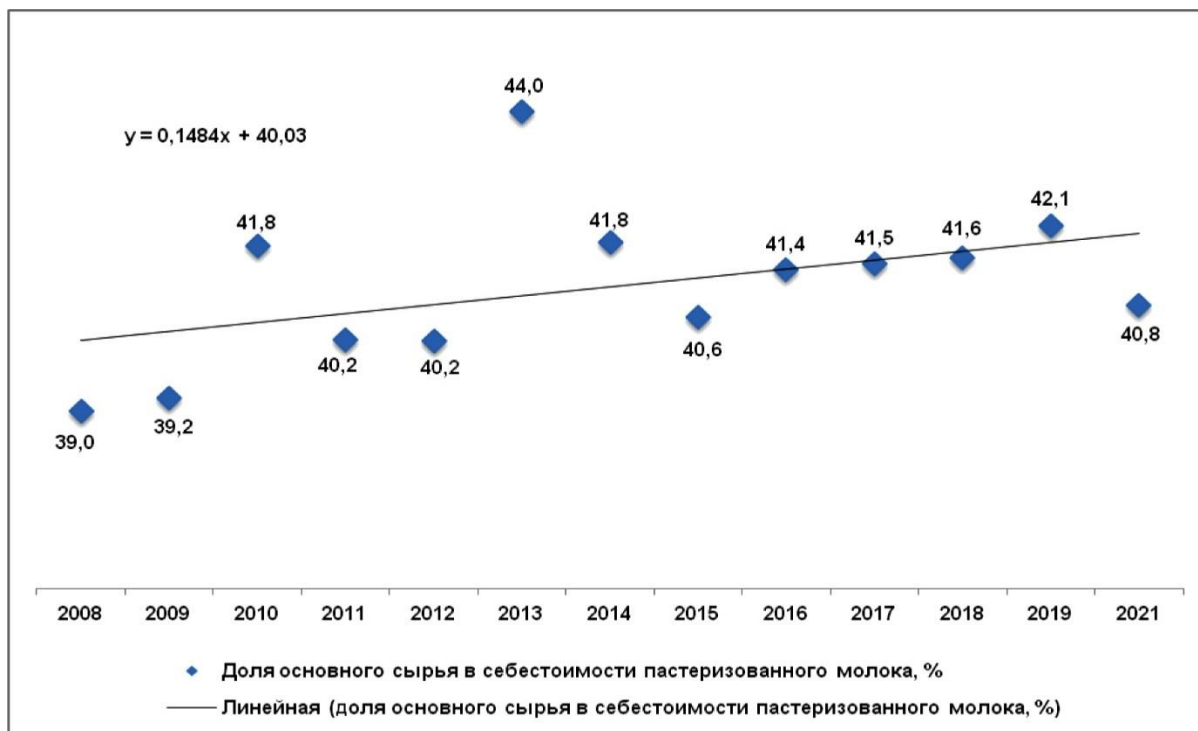


Рис. 6. Динамика доли затрат на молоко-сырье в структуре себестоимости пастеризованного молока, %

Источник: [10, 11].

Следовательно, ключевым вектором развития молочного скотоводства на современном этапе является не экстенсивное наращивание объемов производства молока, а системная работа, направленная на повышение его качества [4, 6, 12].

В настоящее время в Российской Федерации основным документом, определяющим обязательные требования к коровьему молоку-сырью, является ГОСТ Р 52054-2003 «Молоко натуральное коровье – сырье. Технические условия», который распространяется на натуральное коровье молоко, производимое внутри страны и ввозимое на ее территорию и предназначенное в дальнейшем для переработки [1]. Таким образом, повышение качества молока регламентируется критериями, представленными в приведенном нормативно-правовом акте (табл. 4).

Таблица 4. Критерии качества молока-сырья и способы его повышения

Показатели качества молока (группа показателей) [1]	Способы повышения качества молока
Органолептические показатели (консистенция, вкус, запах, цвет)	- повышение качества фильтрации молока-сырья при его первичной обработке; - использование прогрессивных технологий тепловой обработки молока в процессе переработки
Группа чистоты (механическая примесь)	
Температура, °С	- использование систем предварительного охлаждения молока проточной водой и последующего охлаждения ледяной водой / гликолем
Титруемая кислотность, °Т	
Группа термоустойчивости	
Массовая доля жира, %	- селекционно-генетическая работа, направленная на селекцию генов, обеспечивающих высокое содержания жира, белка в молоке; - использование в рационах кормления «защищенных жиров», не подверженных биогидрогенизации в рубце жвачных животных
Массовая доля белка, %	
Плотность, кг/м ²	
Бактериальная обсемененность, КОЕ/г	- работа по улучшению условий содержания коров; - качественная обработка доильного оборудования, молокопровода; - соблюдение требований первичной обработки молока
Наличие ингибирующих веществ	
Содержание соматических клеток, тыс./см ²	- соблюдение техники доения коров: подготовка вымени (чистота сосков, сдаивание первых струек и др.), диагностика мастита); - правильное подключение аппарата (отсутствие подсосов, соблюдение длительности подключения); - отсутствие сухого доения в начале и в конце доения; - снятие аппарата без подтягивания; - обработка сосков вымени после доения
Наличие фосфотазы	- совершенствование системы контроля качества молока при первичной обработке, приемке и в процессе переработки
Температура заморозки, °С	

Выводы

Проведенное исследование позволяет сделать обоснованный вывод о том, что в Российской Федерации отмечается сокращение среднедушевого потребления молока и молочных продуктов, обусловленное снижением экономической доступности. Вместе с тем рост цены реализации молока оказал стимулирующее воздействие на рост качества производимого сельскохозяйственными товаропроизводителями молока-сырья. С учетом вышеизложенного можно предложить следующие перспективные направления развития молочного скотоводства:

- совершенствование селекционно-генетической работы как фактора формирования основного стада с заданными технологическими характеристиками;
- безусловное соблюдение норм и правил первичной обработки молока-сырья и дальнейшей его переработки, а также внедрение в данной области ресурсосберегающих технологий;

- разработка полноценных и экономически обоснованных рационов кормления коров, обеспечивающих высокое содержание жира и белка;
- строгое соблюдение регламента технологических операций при машинном доении и обеспечение гигиены коров;
- совершенствование системы контроля качества молока при первичной обработке, приемке и в процессе переработки.

Список источников

1. ГОСТ Р 52054-2003. Молоко натуральное коровье – сырье. Технические условия. Москва: Издательство стандартов, 2003. 34 с.
2. Денежные доходы (в среднем на душу) [Электронный ресурс] // ЕМИСС. Государственная статистика. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/30992> (дата обращения: 05.02.2023).
3. Жуплей И.В. Структурные сдвиги в производстве продукции животноводства Центрального и Дальневосточного федеральных округов // Международные научные исследования. 2022. № 1-2(50-51). С. 25–31. DOI: 10.34925/JISR.2022.50.1.004.
4. Китаева О.В., Ужик В.Ф. Отечественные тенденции развития молочного скотоводства в России // Московский экономический журнал. 2021. № 12. С. 144–155. DOI: 10.24412/2413-046X-2021-10720.
5. Количество реализованного молока [Электронный ресурс] // ЕМИСС. Государственная статистика. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/42303> (дата обращения: 01.02.2023).
6. Попкова Е.В., Терновых К.С., Кучеренко О.И. и др. Состояние, проблемы и перспективы развития отрасли животноводства России // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 4(75). С. 97–107. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_4_97.
7. Потребление основных продуктов питания (в расчете на душу населения) [Электронный ресурс] // ЕМИСС. Государственная статистика. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/31346> (дата обращения: 01.02.2023).
8. Потребление основных продуктов питания в среднем на потребителя в год [Электронный ресурс] // ЕМИСС. Государственная статистика. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/43226> (дата обращения: 05.02.2023).
9. Среднедушевые денежные доходы населения [Электронный ресурс] // ЕМИСС. Государственная статистика. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/57039> (дата обращения: 05.02.2023).
10. Средние цены реализации сельскохозяйственной продукции сельхозпроизводителями всех категорий по 2016 г. [Электронный ресурс] // ЕМИСС. Государственная статистика. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/40511> (дата обращения: 01.02.2023).
11. Средние цены реализации сельскохозяйственной продукции сельхозпроизводителями всех категорий с 2017 г. [Электронный ресурс] // ЕМИСС. Государственная статистика. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/57698> (дата обращения: 01.02.2023).
12. Терновых К.С., Китаев Ю.А. Прогноз научно-технологического развития молочного скотоводства в ЦЧР // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2021. № 4(67). С. 182–186.
13. Цветков И.А., Миронкина А.Ю., Белокопытов А.В. Пространственные модели потребления молока и молочных продуктов в ЦФО // Экономика сельского хозяйства России. 2020. № 5. С. 71–74. DOI: 10.32651/205-71.
14. Чинаров В.И. Настоящее и будущее молочного скотоводства России // Экономика сельского хозяйства России. 2022. № 7. С. 46–50. DOI: 10.32651/227-46.
15. Шилов А.И., Шилов О.А. Производство и потребление молока и молочных продуктов в России. Динамика и перспективы развития // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2020. № 4(63). С. 116–119. DOI: 10.33979/2219-8466-2020-63-4-116-119.

References

1. GOST R 52054-2003. Moloko natural'noe korov'e – syr'e. Tekhnicheskie usloviya [Fresh cow's milk – raw material. Specifications]. Moscow: Publishing House of Standards; 2003. 34 p. (In Russ.).
2. Denezhnye dokhody (v srednem na dushu). EMISS. Gosudarstvennaya statistika [Cash income (average per capita). Unified Interdepartmental Statistical Information System (UISIS). State Statistics]. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/30992>. (In Russ.).
3. Zhuplej I.V. Strukturnye sdvigi v proizvodstve produktsii zhivotnovodstva Tsentral'nogo i Dal'nevostochnogo federal'nykh okrugov [Structural shifts in livestock production in the Central and Far Eastern Federal Districts]. *Mezhdunarodnye nauchnye issledovaniâ = Journal of International Scientific Researches*. 2022; 1-2(50-51):25-31. DOI: 10.34925/JISR.2022.50.1.004. (In Russ.).
4. Kitayova O.V., Uzhik V.F. Otechestvennye tendentsii razvitiya molochnogo skotovodstva v Rossii [Domestic trends in the development of dairy cattle breeding in Russia]. *Moskovskij ekonomicheskij zhurnal = Moscow Economic Journal*. 2021;12:144-155. DOI: 10.24412/2413-046X-2021-10720. (In Russ.).
5. Kolichestvo realizovannogo moloka. EMISS. Gosudarstvennaya statistika [Quantity of milk sold. Unified Interdepartmental Statistical Information System (UISIS). State Statistics]. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/42303>. (In Russ.).

6. Popkova E.V., Ternovykh K.S., Kucherenko O.I. et al. Sostoyanie, problemy i perspektivy razvitiya ot-rasli zhivotnovodstva Rossii [Current state, challenges and development trends of the Russian livestock industry]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(4):97-107. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_4_97. (In Russ.).

7. Potreblenie osnovnykh produktov pitaniya (v raschete na dushu naseleniya). EMISS. Gosudarstvennaya statistika [Consumption of basic foodstuffs (per capita). Unified Interdepartmental Statistical Information System (UISIS). State Statistics]. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/31346>. (In Russ.).

8. Potreblenie osnovnykh produktov pitaniya v srednem na potrebitelya v god. EMISS. Gosudarstvennaya statistika [Consumption of basic foodstuffs on average per consumer per year. Unified Interdepartmental Statistical Information System (UISIS). State Statistics]. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/43226>. (In Russ.).

9. Srednedushveye denezhnye dokhody naseleniya. EMISS. Gosudarstvennaya statistika [Per capita cash income of the population. Unified Interdepartmental Statistical Information System (UISIS). State Statistics]. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/57039>. (In Russ.).

10. Srednie tseny realizatsii sel'skokhozyajstvennoj produktsii sel'khozproizvoditelyami vseh kategorij po 2016 g. EMISS. Gosudarstvennaya statistika [Average sales prices of agricultural products by agricultural producers of all categories in 2016. Unified Interdepartmental Statistical Information System (UISIS). State Statistics]. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/40511>. (In Russ.).

11. Srednie tseny realizatsii sel'skokhozyajstvennoj produktsii sel'khozproizvoditelyami vseh kategorij s 2017 g. EMISS. Gosudarstvennaya statistika [Average sales prices of agricultural products by agricultural producers of all categories since 2017. Unified Interdepartmental Statistical Information System (UISIS). State Statistics]. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/57698>. (In Russ.).

12. Ternovykh K.S., Kitaev Yu.A. Prognoz nauchno-tehnologicheskogo razvitiya molochnogo skotovodstva v TsChR [Forecast of scientific and technological development of dairy cattle in the Central Black Earth Region]. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2021;4(67):182-186. (In Russ.).

13. Tsvetkov I.A., Mironkina A.Yu., Belokopytov A.V. Prostranstvennye modeli potrebleniya moloka i molochnykh produktov v TsFO [Spatial models of milk and dairy products consumption in the CFD]. *Ekonomika sel'skogo khozyajstva Rossii = Economics of Agriculture of Russia*. 2020;5:71-74. DOI: 10.32651/205-71. (In Russ.).

14. Chinarov V.I. Nastoyashchee i budushchee molochnogo skotovodstva Rossii [Present and future of dairy breeding in Russia]. *Ekonomika sel'skogo khozyajstva Rossii = Economics of Agriculture of Russia*. 2022;7:46-50. DOI: 10.32651/227-46.

15. Shilov A.I., Shilov O.A. Proizvodstvo i potreblenie moloka i molochnykh produktov v Rossii. Dinamika i perspektivy razvitiya [Production and consumption of milk and dairy products in Russia. Development dynamics and prospects]. *Tekhnologiya i tovarovedenie innovatsionnykh pishchevykh produktov = Technology and Merchandising of the Innovative Foodstuff*. 2020;4(63):116-119. DOI: 10.33979/2219-8466-2020-63-4-116-119. (In Russ.).

Информация об авторах

К.С. 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.

Ю.А. Китаёв – доктор экономических наук, доцент кафедры экономики ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», Kitaev_YA@bsaa.edu.ru.

В.Ф. Ужик – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры машин и оборудования в агробизнесе ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», uzhik_vf@bsaa.edu.ru.

О.В. Китаёва – доктор технических наук, доцент, доцент кафедры электрооборудования и электротехнологий в АПК ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», kitajova_ov@bsaa.edu.ru.

Information about the authors

K.S. Ternovykh, Doctor of Economic Sciences, Professor, Meritorious Scientist of the Russian Federation, Head of the Dept. of Farm Production Management and Entrepreneurial Activities in Agro-Industrial Complex, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, ktern@yandex.ru.

Yu.A. Kitaev, Doctor of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Economics, Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin, Kitaev_YA@bsaa.edu.ru.

V.F. Uzhik, Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Machinery and Equipment in Agribusiness, Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin, uzhik_vf@bsaa.edu.ru.

O.V. Kitaeva, Doctor of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Electrical Equipment and Electrical Technologies in Agro-Industrial Complex, Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin, kitajova_ov@bsaa.edu.ru.

Статья поступила в редакцию 26.08.2023; одобрена после рецензирования 25.09.2023; принята к публикации 27.09.2023.

The article was submitted 26.08.2023; approved after reviewing 25.09.2023; accepted for publication 27.09.2023.

© Терновых К.С., Китаёв Ю.А., Ужик В.Ф., Китаёва О.В., 2023

5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА (ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 332.056:332.14:636.22

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_3_208

EDN: MUSFJT

Оценка продуктивности бычков мясных пород при выращивании в условиях Северного Кавказа

Римма Рамазановна Лепшокова¹, Любовь Абдуловна Шевхужева²,
Ирина Владимировна Погодаева^{3✉}

^{1,2} Московский финансово-промышленный университет «Синергия»,
Карачаево-Черкесский филиал, Черкесск, Россия

³ Северо-Кавказский социальный институт, Ставрополь, Россия

³ i_pogodaeva@mail.ru✉

Аннотация. Представлены результаты выполненной оценки эффективности выращивания бычков мясных пород в условиях Северного Кавказа. Производственный опыт проводился в ООО Фирма «Хаммер» в 2020–2021 гг. на бычках 3 пород, разводимых в Карачаево-Черкесской Республике – абердин-ангусской, швицкой и калмыцкой. Для этого были сформированы 3 группы бычков по 15 голов в каждой. Технология кормления и содержания молодняка до отъема от матерей осуществлялась по принципу «корова – теленок», принятому в мясном скотоводстве. Корма по содержанию питательных веществ соответствовали физиологическим требованиям выращиваемых животных, что способствовало максимальному росту молодняка в период наибольшей интенсивности развития его мышечной и костной тканей (у КРС приходится на первые полтора года жизни). Убойный выход молодняка всех пород был высоким – от 60,1 до 61,6%. При этом расход кормов на 1 кг прироста живой массы в 15,5 и 18 месяцев в группе бычков абердин-ангусской породы был наименьшим (наибольшая оплата корма приростами живой массы) и составлял соответственно 10,7 и 11,1 к. ед., в то время как средний вес реализации 1 гол. абердин-ангусской породы в 18-месячном возрасте был выше, чем швицкой и калмыцкой пород – соответственно на 6,0 и 12,9%. Себестоимость реализации 1 ц живой массы бычков абердин-ангусской породы в возрасте 15,5 месяцев была на 5,3 и 17,0% меньше, чем бычков швицкой и калмыцкой пород, в возрасте 18 месяцев – соответственно на 11,1 и 20,3%. Прибыль от реализации 1 ц живой массы бычков абердин-ангусской породы также оказалась выше по сравнению с бычками других пород. Полученные показатели эффективности выращивания и откорма бычков абердин-ангусской, швицкой и калмыцкой пород могут быть положены в основу оптимизации породного состава крупного рогатого скота мясной породы Северо-Кавказского региона.

Ключевые слова: бычки мясных пород, технология содержания и кормления, затраты корма, убойный выход, прибыль от реализации 1 ц живой массы, уровень рентабельности

Для цитирования: Лепшокова Р.Р., Шевхужева Л.А., Погодаева И.В. Оценка продуктивности бычков мясных пород при выращивании в условиях Северного Кавказа // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 3(78). С. 208–216. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_208-216.

5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS (ECONOMIC SCIENCES)

Original article

Evaluation of the productivity of beef bulls grown in the conditions of the North Caucasus

Rimma R. Lepshokova¹, Lyubov A. Shevkhuzheva², Irina V. Pogodaeva^{3✉}

¹ Moscow University for Industry and Finance “Synergy”, Karachay-Cherkess Branch,
Cherkessk, Russia

² North Caucasus Social Institute, Stavropol, Russia

³ i_pogodaeva@mail.ru✉

Annotation. The results of the evaluation of the effectiveness of rearing beef bulls in the conditions of the North Caucasus are presented. Scientific and production experiment was carried out in LLC Firm Hammer in 2020-2021 on bulls of 3 breeds bred in the Karachay-Cherkess Republic, i.e. the Aberdeen-angus, Schwyz and Kalmyk. For this purpose, 3 groups of bulls with 15 heads each were formed. The technology of feeding and housing young

animals before breaking in to milk was carried out according to the “cow-calf” principle adopted in beef cattle breeding. The nutrient content of the feed corresponded to the physiological requirements of the farmed animals, which contributed to the maximum growth of young animals during the period of the greatest intensity of development of their muscle and bone tissues (cattle account for the first year and a half of life). The slaughter yield of young animals of all breeds was high, i.e. from 60.1 to 61.6%. At the same time, the feed consumption per 1 kg of live weight gain at 15.5 and 18 months in the group of Aberdeen-angus bulls was the lowest (the largest payment for feed by live weight gains) and amounted to 10.7 and 11.1 forage unit, respectively, while the average weight of 1 head of the Aberdeen-angus breed at the age of 18 months was higher than the Schwyz and Kalmyk breeds by 6.0 and 12.9%, respectively. The cost of selling 1 kg of live weight of the Aberdeen-angus bulls at the age of 15.5 months was 5.3 and 17.0% less than the bulls of the Schwyz and Kalmyk breeds, at the age of 18 months by 11.1 and 20.3%, respectively. The profit from the sale of 1 kg of live weight of the Aberdeen-angus bulls also turned out to be higher compared to bulls of other breeds. The obtained indicators of the efficiency of rearing and fattening bulls of the Aberdeen-angus, Schwyz and Kalmyk breeds can be used as a basis for optimizing the breed composition of beef cattle of the North Caucasus region.

Keywords: beef bulls, technology of keeping and feeding, feed costs, slaughter yield, profit from the sale of 1 kg of live weight, profitability level

For citation: Lepshokova R.R., Shevkhuzheva L.A., Pogodaeva I.V. Evaluation of the productivity of beef bulls grown in the conditions of the North Caucasus. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(3):208-216. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_208-216.

В условиях санкций против России и мирового экономического кризиса решение проблемы продовольственной безопасности приобретает особую актуальность. Механизмы решения этой проблемы видятся в разработке различных технологических приемов содержания и кормления скота, выборе породы, способной обеспечить высокую отдачу корма произведенным мясом. При этом перед сельхозпроизводителями ставится задача не только увеличить производство говядины, но и улучшить ее качественные показатели [9, 10, 12]. В последние годы при оценке мясной продуктивности скота все большее значение придается конверсии корма в продукцию, и в настоящее время разрабатываются методы селекции крупного рогатого скота по этому показателю.

Основной продукцией, получаемой при убое крупного рогатого скота, является говядина. С повышением материального и культурного уровня населения спрос на говядину и продукцию ее переработки постоянно растет. Считается, что птичье мясо «приедается» человеку в течение недели, свинина – в течение одного месяца, а говядина потребляется круглый год.

Мясо крупного рогатого скота (говядина и телятина) обладает высокими пищевыми и вкусовыми качествами и пользуется круглогодичным спросом у населения. Особенно высоко ценится мясо специализированных мясных пород, которые дают наиболее высококачественное («мраморное») мясо. Говядина по сравнению с мясом других сельскохозяйственных животных характеризуется более благоприятным соотношением белка и жира, в ней содержится меньше холестерина, чем в свинине и баранине. Высокая питательная ценность говядины обусловлена значительным количеством аминокислот, а также жирных кислот, разнообразных минеральных и других веществ. В среднем переваримость и усвояемость говядины составляют 95%. Морфологический и химический составы туши зависят в основном от породы, возраста и упитанности животных. В основном химический состав мышечной ткани взрослого крупного животного средней упитанности характеризуется следующими показателями: вода – 68–72%, белки – 18–20, жиры – 10–12, зола – 1,0–1,1%. В 100 г такого мяса содержится 510–807 кДж (в зависимости от сортности). В телятине несколько больше воды (до 78%) и значительно меньше жира (7%). Говядина является основной добавкой в производстве различных колбас и консервов длительного хранения [8].

Согласно рекомендациям Министерства здравоохранения Российской Федерации [6], среднелюдиное потребление говядины на 1 человека в год должно составлять 14 кг, в 2022 г. в России оно достигло 13,7 кг. В 2021 г. самообеспеченность говядиной в стране составляла всего 83,1%, импорт говядины в страну по сравнению с 2018 г. сократился на 287 тыс. т, или более чем в 1,5 раза. Но при этом уменьшилась численность поголовья крупного рогатого скота в стране с 18151,4 тыс. гол. в 2018 г. до 17488,7 тыс. гол. в 2022 г., или на 662,7 тыс. гол. [7].

Между тем Россия имеет достаточно резервов для увеличения производства говядины. Одним из таких резервов нужно рассматривать вовлечение в производство субъектов малого предпринимательства, включая хозяйства населения (личные подсобные хозяйства). По данным статистики, в 2022 г. в К(Ф)Х и в хозяйствах населения содержалось соответственно 2920,2 и 6609,1 тыс. гол. Однако следует отметить, что одного финансового стимулирования малых и средних форм хозяйствования со стороны государства недостаточно для существенного увеличения производства говядины [9]. Считаем, что внедрение в производство различных научных рекомендаций по выбору и откорму скота мясного направления должно быть адекватным условиям регионов, что поможет решить проблему заполнения рынка мяса говядиной отечественного производства. В числе основных направлений научно-исследовательских работ должны быть исследования по оценке отечественных и мировых генетических ресурсов мясных пород крупного рогатого скота и по их рациональному использованию, а также разработка зональных технологий мясного скотоводства на основе системного подхода.

Выбор оптимальной породы для производства говядины должен осуществляться с учетом применения различных технологий выращивания и откорма крупного рогатого скота, приспособленных к природно-климатическим условиям регионов [2, 3, 4]. Среди пород, разводимых на территории Северо-Кавказского региона, выделяют абердин-ангусскую, швицкую и калмыцкую, которые отличаются высокими адаптационными свойствами к резко континентальному климату и демонстрируют высокие показатели мясной продуктивности [1, 5, 11].

Целью научных исследований явилось установление устойчиво эффективной породы для производства говядины при использовании технологии выращивания молодняка по системе нагула и откорма как наиболее распространенного приема на Северном Кавказе.

В ООО Фирма «Хаммер» с 2020 по 2021 г. проводился производственный опыт на бычках 3 пород, разводимых в Карачаево-Черкесской Республике – абердин-ангусской, швицкой и калмыцкой. Для этого были сформированы 3 группы бычков по 15 голов в каждой.

Технология кормления и содержания молодняка до отъема от матерей осуществлялась по принципу, принятому в мясном скотоводстве, «корова – теленок». Телят содержали в одном гурте на подсосе с использованием пастбищ с мая по октябрь. При переводе скота на зимнее содержание бычков подкармливали сеном, силосом и концентратами. Отъем бычков от матерей производили при достижении 8-месячного возраста, после чего их содержали в одной группе беспривязно. Бычки круглосуточно находились на выгульно-кормовой площадке, обнесенной ветрозащитной изгородью, и свободно проходили в помещение. В одной половине площадки для отдыха животных было подготовлено логово из соломы, в другой – размещены кормушки для сена и силоса. Круглосуточно бычки имели свободный доступ к воде.

Расход и учет несъеденных остатков грубых и сочных кормов по группам определяли по двум смежным дням с последующим снятием остатков ежемесячно.

Бычков взвешивали при рождении, в 3, 8, 12, 15,5 и 18 месяцев и определяли среднесуточные приросты за эти же периоды.

Контрольные убои подопытных бычков проведены в 15,5 и 18 месяцев. Животные, поступившие на мясокомбинат, находились на голодной выдержке в течение суток, и затем их забивали по общепринятой технологии.

Была проведена обвалка туш по естественно-анатомическим частям. Определяли морфологический состав туш бычков в 15,5 и 18 месячном возрасте. Изучены показатели выхода мякоти, костей и сухожилий.

Биометрическую обработку полученных данных проводили в программе MicrosoftExcel и в программе IBM SPSS Statistics (версия 26).

Экономическую эффективность выращивания и откорма молодняка разных пород рассчитали по традиционной системе показателей с использованием фактических данных ООО Фирма «Хаммер».

Корма по содержанию питательных веществ соответствовали физиологическим требованиям выращиваемых животных, что способствовало максимальному росту и развитию молодняка в период наибольшей интенсивности развития его мышечной и костной тканей (у крупного рогатого скота приходится на первые полтора года жизни).

С возрастом животных значительно изменялась структура рационов их кормления. Так, до 8-месячного возраста в рационах бычков молоко занимало 58–65%, грубые корма – 4,7–5,8, сочные – 5,9–6,9 и концентрированные 24–29%; в возрасте от 8 до 18 месяцев на долю концентрированных кормов приходилось уже 49–52%.

В первый месяц после отъема общая питательность суточного рациона в среднем на одного бычка составляла 6,1 к. ед., к 18 месяцам ее увеличивали до 11,6 к. ед.

В таблице 1 представлены данные по затратам на корма по периодам выращивания подопытных животных. В среднем наибольшие затраты на корма приходятся на второй период роста и развития (3–8 мес.). Это обусловлено тем, что в рационе содержится молоко, и в этом периоде теленок также активно поедает другие виды кормов. По сравнению с первым периодом средний прирост телят увеличивается почти в 2 раза (от 100 кг в начале до 200 кг в конце). Среднесуточный прирост телят составляет 800 г/сут. По этому показателю все еще невозможно увидеть генетическую особенность пород по способности оплаты корма приростом живой массы. Увеличивается потребление концентрированных кормов на 4,7% по сравнению с первым периодом, также отмечается увеличение поедаемости сочных кормов на 1,1% и грубых на 0,5% в сутки. Снижение в рационе потребления молока связано с уменьшением продуктивности коровы-кормилицы. Все это приводит к увеличению затрат на 1 ц к. ед. по сравнению с первым периодом на 688,0 руб. В возрастном периоде 8–12 мес. наблюдается увеличение потребления корма с 6,1 до 9,5 кг к. ед./сут. Период отъема приурочен к весне (апрель месяц), когда телята не испытывают особого стресса. Здесь появляется возможность кормить телят зеленым кормом, занимающим в среднем до 51% в структуре кормов, но для поддержания определенного темпа прироста (800–1150 г/сутки) необходимо их подкармливать концентрированными кормами. Поскольку ООО Фирма «Хаммер» располагает собственной кормовой базой, то имеется возможность снизить стоимость концентрированных кормов за счет использования смеси зерноотходов.

Таблица 1. Расчет затрат на корма по периодам роста подопытных животных

Вид корма	Возрастной период, мес.														
	0-3			3-8			8-12			12-15,5			15,5-18		
	Структура корма, %	Расходы корма, кг к. ед./сут.	Расходы корма, ц к. ед./период	Структура корма, %	Расходы корма, кг к. ед./сут.	Расходы корма, ц к. ед./период	Структура корма, %	Расходы корма, кг к. ед./сут.	Расходы корма, ц к. ед./период	Структура корма, %	Расходы корма, кг к. ед./сут.	Расходы корма, ц к. ед./период	Структура корма, %	Расходы корма, кг к. ед./сут.	Расходы корма, ц к. ед./период
Сочные	4,7	0,29	0,26	5,80	0,35	0,54				18,0	2,00	2,13	16,0	1,86	1,42
Грубые	6,3	0,38	0,35	6,90	0,42	0,64				32,0	3,55	3,79	32,0	3,71	2,83
Концентрированные	24,0	1,46	1,34	29,3	1,79	2,73	49,0	4,66	5,68	50,0	5,55	5,92	52,0	6,03	4,60
Молоко	65,0	3,97	3,63	58,0	3,54	5,40									
Зеленые корма							510	4,85	5,91						
Цена 1 ц к. ед. в среднем по периодам роста, руб.			2254,0			2932,0			226,3			840,5			850,8
Итого по периодам, руб.			12580,7			27274,9			1285,4			9959,3			3913,1
В среднем по приросту, руб./гол.									55013,4						
Себестоимость 1 ц прироста живой массы за весь период, руб.															9876,7 руб.

Источник: рассчитано авторами.

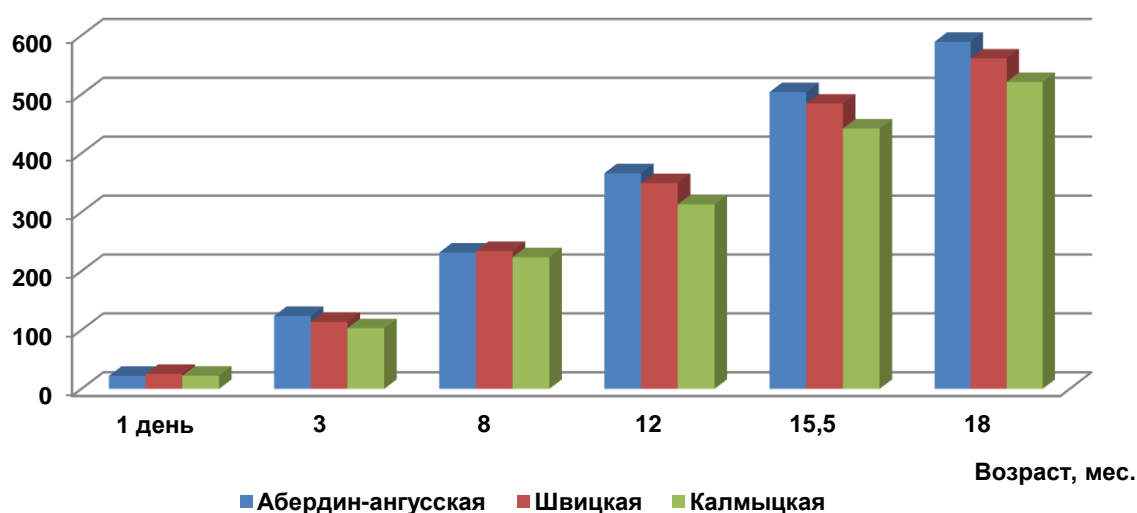
В следующем периоде развития для обеспечения заданных темпов прироста живой массы от 1200 г/сут. и больше необходимо существенно увеличить рацион питания с 9,5 до 11,1 кг к. ед./сут. В структуре рациона 18% приходится на сочные, 32% – на грубые и 50% – на концентрированные корма. При таком рационе возросла стоимость 1 ц к. ед. с 226,3 до 840,5 руб. и повысилась отдача корма продукцией. Так, прирост калмыцкой породы составил к концу откорма 442,2 кг на голову, или за период – на 142,2 кг, а по сравнению со швицкой породой – выше на 7,3 кг.

Следующий период – это период откорма перед убоем, который приходится на возраст 15,5–18 мес. Среднесуточный рацион достигает 11,6 кг к. ед./сут., что больше значения предшествующего периода на 0,5 кг к. ед./сут. Стоимость кормов в рационе увеличивается на 10,3 руб./сут.

Прирост живой массы у абердин-ангусской породы в периоде окончательного откорма (12,5–18 мес.) увеличился на 85 кг, швицкой – на 76,7 и калмыцкой – на 78,8 кг. За 18 месяцев выращивания прирост живой массы в среднем составил 557 кг/гол. При этом на корма было затрачено 55013,4 руб./гол., или 9876,7 руб./ц прироста. Как уже было отмечено ранее, самые высокие затраты по периодам выращивания приходятся на второй период (3–8 мес.) – 27274,9 руб./гол., что больше почти в 2,2 раза по сравнению с первым периодом и в 21,2 раза по сравнению с третьим периодом, когда начали использовать зеленые корма и комбикорма собственного приготовления. В структуре стоимости кормов 65,2% приходится на затраты на молоко, 27 – на концентрированные корма, 5,0 – на сочные, 2 – на грубые корма и 2,8% – на соль и минералы (мел).

При выращивании от рождения до 18-месячного возраста бычки всех пород отличались высокой оплатой корма приростом живой массы.

При подкормке на подсосе и последующем интенсивном выращивании бычки всех пород проявили исключительно высокую энергию роста. При этом выявлены значительные отличия в величине живой массы между животными разных пород. Во всех периодах выращивания самую высокую живую массу имели бычки абердин-ангусской породы, а самую низкую – калмыцкой см. (рис.).



Динамика живой массы подопытных животных, кг

Источник: рассчитано авторами.

К 12-месячному возрасту живая масса абердин-ангусских бычков достигла 366,2 кг, швицкой и калмыцкой пород – соответственно 349,4 и 313,1 кг, в возрасте 15,5 мес. – 504,0, 484,3 и 442,2 кг и в 18 месяцев – 589,4, 561,0 и 521,0 кг.

В возрасте 15,5 мес. бычки абердин-ангусской породы превосходили сверстников швицкой и калмыцкой пород на 19,7 кг, а в возрасте 18 мес. – на 61,8 кг.

Следует отметить, что по периодам выращивания бычки всех пород давали сравнительно высокие приросты. Некоторое их снижение отмечалось в возрасте 3–8 мес., что связано с неблагоприятными погодными условиями в осенне-зимний период.

В возрасте 15,5 мес. более высокую предубойную живую массу имели абердин-ангусские бычки, далее по убывающей были значения бычков швицкой и калмыцкой пород. Масса туши абердин-ангусских бычков составила 283,3 кг, что превышало показатели бычков швицкой и калмыцкой пород соответственно на 26,0 и 36,7 кг.

Аналогичная картина была и при убое в возрасте 18 мес. Бычки абердин-ангусской породы превосходили сверстников швицкой и калмыцкой пород по следующим показателям:

- по предубойной массе – на 23,0 и 61,0 кг ($P > 0,999$);
- по массе парной туши – на 20,3 и 40,6 кг ($P > 0,999$);
- по убойной массе – на 17,9 и 43,7 кг ($P > 0,999$).

Убойный выход молодняка всех пород был высоким в возрасте 18 мес. и составил 60,4–61,1%. При этом следует отметить, что бычки абердин-ангусской породы имели самый высокий убойный выход (61,1%) и превышали по этому показателю бычков швицкой и калмыцкой пород соответственно на 0,2 и 0,7%.

Интенсивное выращивание бычков мясных и комбинированных пород в условиях ООО Фирма «Хаммер» по нашим расчетам является экономически выгодным. Однако эффективность выращивания (откорма) неодинакова у различных пород и возрастных групп скота (табл. 2).

Так, наибольшая оплата корма наблюдается в группе животных абердин-ангусской породы, в которой на 1 кг прироста живой массы в возрасте 15,5 и 18 мес. расходовалось соответственно по 10,7 и 11,1 к. ед.

В результате ранжированный ряд рентабельности производства 18-месячных бычков сложился следующим образом: абердин-ангусская порода – 46,0%, швицкая порода – 31,4, калмыцкая порода – 21,4%.

Таблица 2. Эффективность выращивания подопытных животных в условиях ООО Фирма «Хаммер»

Показатели	Породы					
	абердин-ангусская		швицкая		калмыцкая	
	Возраст бычков, мес.					
	15,5	18	15,5	18	15,5	18
Живая масса 1 гол., кг						
в начале опыта	22,1	22,1	25,4	25,4	22,3	22,3
в конце опыта	504	589,4	484,3	561	442,2	521
Среднесуточный прирост живой массы, г/гол.	1025	1051	976	992	8939	923
Затраты на 1 кг прироста живой массы, к. ед.	10,7	11,1	10,9	11,3	11,7	12,4
Себестоимость реализации 1 ц живой массы, руб.	8456,20	9192,80	9395,70	9683,10	10169,70	10754,30
Цена реализации 1 ц живой массы, руб.	11356,68	13421,49	11979,52	12723,59	11674,82	13055,72
Прибыль от реализации 1 ц прироста живой массы, руб.	2900,48	4228,69	2583,82	3040,49	1505,12	2301,42
Уровень рентабельности, %	34,3	46	27,5	31,4	14,8	21,4

Источник: рассчитано авторами.

Выводы

По результатам исследований установлено, что выращивание бычков мясных и комбинированных пород является экономически выгодным. Однако эффективность откорма неодинакова у различных пород и возрастных групп скота. Самая высокая сумма прибыли на одну голову получена при реализации на мясо бычков абердин-ангусской и швицкой пород, наименьшая – от реализации бычков калмыцкой породы.

Выращивание бычков мясных и комбинированных пород на мясо дает возможность увеличить производство говядины и обеспечить высокую рентабельность. Полученные показатели эффективности выращивания и откорма бычков абердин-ангусской, швицкой и калмыцкой пород могут быть положены в основу оптимизации породного состава крупного рогатого скота мясной породы Северо-Кавказского региона.

Таким образом, значение оценки мясной продуктивности крупного рогатого скота повышается, так как по ее результатам будут приниматься решения, касающиеся отбора пород скота для дальнейшего разведения с целью повышения мясной продуктивности.

Список источников

1. Горлов И.Ф., Сложенкина М.И., Николаев Д.В. и др. Влияние породной принадлежности на мясную продуктивность бычков и биологическую ценность получаемой от них говядины // *Животноводство и кормопроизводство*. 2022. Т. 105, № 3. С. 56–68. DOI: 10.33284/2658-3135-105-3-56.
2. Джуламанов К.М., Герасимов Н.П. Формирование мясной продуктивности герефордских бычков разных типов телосложения во взаимосвязи с факторами внешней среды // *Животноводство и кормопроизводство*. 2020. Т. 103, № 2. С. 57–67. DOI: 10.33284/2658-3135-103-2-57.
3. Погодаев В.А., Голембовский В.В., Кулинцев В.В. Использование биологических стимуляторов при производстве говядины: монография. Ставрополь: ООО «Ставрополь-сервис-школа», 2021. 187 с.
4. Погодаев В.А., Сангаджиев Д.А. Особенности роста бычков калмыцкой мясной породы крупного рогатого скота, полученных от кроссов разных линий // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2021. № 1(87). С. 243–246. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-87-1-243-246.
5. Раджабов Р.Г., Иванова Н.В. Мясная продуктивность бычков разных пород // *Вестник Донского государственного аграрного университета*. 2020. № 2(36-1). С. 9–14.
6. Об утверждении Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания: Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 19 августа 2016 г. № 614 [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420374878?marker=6500IL> (дата обращения: 25.06.2023).
7. Федеральная служба государственной статистики Российской Федерации (Росстат). Статистика. Публикации [Электронный ресурс] // Официальный сайт. URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy (дата обращения: 25.06.2023).
8. Хайруллина О.И. Тенденции производства и потребления основных видов мяса в России // *Креативная экономика*. 2021. Т. 15, № 5. С. 2245–2260. DOI: 10.18334/ce.15.5.112098.
9. Шевхужев А.Ф., Погодаев В.В., Голембовский С.С. и др. Мясное скотоводство России и перспективы его развития // *Сельскохозяйственный журнал*. 2021. № 4(14). С. 53–60. DOI: 10.25930/2687–1254/007.4.14.2021.
10. Шичкин Г.И., Тяпугин С.Е., Амерханов Х.А. и др. Состояние мясного скотоводства в Российской Федерации // *Ежегодник по племенной работе в мясном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2021 год): сборник статей*. Лесные Поляны: Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела, 2022. С. 3–16.
11. Кулинцев В.В., Шевхужев А.Ф., Погодаев В.А. и др. Эффективность выращивания и откорма бычков абердин-ангусской породы при разной интенсивности производства говядины // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2018. № 4(72). С. 278–280.
12. Smakuev D., Shakhmurzov M., Pogodaev V. et al. Acclimatization and productive qualities of American origin Aberdeen-angus cattle pastured at the submontane area of the Northern Caucasus // *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2021. Vol. 20(7). Pp. 433-442. DOI: 10.1016/j.jssas.2021.05.011.

References

1. Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Nikolaev D.V. et al. Vliyanie porodnoj prinadlezhnosti na myasnuyu produktivnost' bychkov i biologicheskuyu tsennost' poluchaemoj ot nikh govyadiny [Influence of breed on beef productivity of bulls and biological value of beef obtained from them]. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo = Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(3):56-68. DOI: 10.33284/2658-3135-105-3-56. (In Russ.).

2. Dzhulamanov K.M., Gerasimov N.P. Formirovanie myasnoj produktivnosti gerefordskikh bychkov raznykh tipov teloslozheniya vo vzaimosvyazi s faktorami vneshnej sredy [The formation of meat productivity of Hereford bulls of different body types in conjunction with environmental factors]. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo = Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020;103(2):57-67. DOI: 10.33284/2658-3135-103-2-57. (In Russ.).

3. Pogodaev V.A., Golembovsky V.V., Kulintsev V.V. Ispol'zovanie biologicheskikh stimulyatorov pri proizvodstve govyadiny: monografiya [The use of biological stimulants in the production of beef: monograph]. Stavropol: Stavropol-service-school; 2021. 187 p. (In Russ.).

4. Pogodaev V.A., Sangadzhiev D.A. Osobennosti rosta bychkov kalmytskoj myasnoj porody krupnogo rogatogo skota, poluchennykh ot krossov raznykh linij [Features of growth of calves of the Kalmyk meat breed of cattle obtained from crosses of different lines]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021;1(87):243-246. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-87-1-243-246. (In Russ.).

5. Radjabov R.G., Ivanova N.V. Myasnaya produktivnost' bychkov raznykh porod [Meat productivity of bulls of different breeds]. *Vestnik Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Don State Agrarian University*. 2020;2-1(36):9-14. (In Russ.).

6. Ob utverzhdenii Rekomendatsij po ratsional'nym normam potrebleniya pishchevykh produktov, otvechayushchikh sovremennym trebovaniyam zdorovogo pitaniya: Prikaz Ministerstva zdravookhraneniya Rossijskoj Federatsii ot 19 avgusta 2016 g. № 614 [On approval of Recommendations on rational norms of consumption of food products that meet modern requirements of healthy eating: Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 614 of August 19, 2016]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420374878?marker=6500IL>. (In Russ.).

7. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki Rossijskoj Federatsii (Rosstat). Statistika. Publikatsii. Ofitsial'nyj sajt [Federal State Statistics Service of the Russian Federation (Rosstat). Statistics. Publications. Official website]. URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy. (In Russ.).

8. Khayrullina O.I. Tendentsii proizvodstva i potrebleniya osnovnykh vidov myasa v Rossii [Trends of production and consumption of the main types of meat in Russia]. *Kreativnaya ekonomika = Journal of Creative Economy*. 2021;15(5):2245-2260. DOI: 10.18334/ce.15.5.112098. (In Russ.).

9. Shevkuzhev A.F., Pogodaev V.V., Golembovsky S.S. et al. Myasnoe skotovodstvo Rossii i perspektivy ego razvitiya [Beef cattle breeding in Russia and its development prospects]. *Sel'skokhozyajstvennyj zhurnal = Agricultural Journal*. 2021;4(14):53-60. DOI: 10.25930/2687-1254/007.4.14.2021. (In Russ.).

10. Shichkin G.I., Tyapugin S.E., Amerkhanov Kh.A. et al. Sostoyanie myasnogo skotovodstva v Rossijskoj Federatsii. Ezhegodnik po plemennoj rabote v myasnom skotovodstve v khozyajstvakh Rossijskoj Federatsii (2021 god): sbornik statej [State of beef cattle breeding in the Russian Federation. Yearbook on breeding work in beef cattle breeding in farms of the Russian Federation (2021): Collection of papers]. Lesnye Polyany: All-Russian Research Institute of Animal Breeding Press; 2022:3-16. (In Russ.).

11. Kulintsev V.V., Shevkuzhev A.F., Pogodaev V.A. et al. Effektivnost' vyrashchivaniya i otkorma bychkov aberdin-angusskoj porody pri raznoj intensivnosti proizvodstva govyadiny [Effectiveness of Aberdeen-angus breed steers growing and fattening under different beef production intensity]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2018;4(72):278-280. (In Russ.).

12. Smakuev D., Shakhmurzov M., Pogodaev V. et al. Acclimatization and productive qualities of American origin Aberdeen-angus cattle pastured at the submontane area of the Northern Caucasus. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2021;20(7):433-442. DOI: 10.1016/j.jssas.2021.05.011.

Информация об авторах

Р.Р. Лепшокова – кандидат экономических наук, доцент, Карачаево-Черкесский филиал НОЧУ ВО «Московский финансово-промышленный университет «Синергия», rimma.emi@mail.ru.

Л.А. Шевхужева – кандидат экономических наук, доцент, Карачаево-Черкесский филиал НОЧУ ВО «Московский финансово-промышленный университет «Синергия», shevkuzheval@mail.ru.

И.В. Погодаева – кандидат экономических наук, доцент, АНО ВО «Северо-Кавказский социальный институт», i_pogodaeva@mail.ru.

Information about the authors

R.R. Lepshokova, Candidate of Economic Sciences, Docent, Moscow University for Industry and Finance "Synergy", Karachay-Cherkess Branch, rimma.emi@mail.ru.

L.A. Shevkuzheva, Candidate of Economic Sciences, Docent, Moscow University for Industry and Finance "Synergy", Karachay-Cherkess Branch, shevkuzheval@mail.ru.

I.V. Pogodaeva, Candidate of Economic Sciences, Docent, North Caucasus Social Institute, i_pogodaeva@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 28.06.2023; одобрена после рецензирования 05.08.2023; принята к публикации 15.08.2023.

The article was submitted 28.06.2023; approved after reviewing 05.08.2023; accepted for publication 15.08.2023.

© Лепшокова Р.Р., Шевхужева Л.А., Погодаева И.В., 2023

5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА
(ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 332.05:338.43

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_3_217

EDN: OEEVZK

**Структурные изменения в производственно-коммерческой
деятельности сельскохозяйственных организаций Белгородской области**

**Владислав Леонидович Аничин^{1✉}, Алина Ивановна Добрунова²,
Вадим Александрович Ломазов³, Наталья Юрьевна Яковенко⁴**

^{1, 2, 3, 4}Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, Белгород, Россия

¹vladislavanichin@rambler.ru[✉]

Аннотация. Приводятся результаты исследования структурных изменений в производственно-коммерческой деятельности двух типов сельскохозяйственных организаций Белгородской области (интегрированных и самостоятельных) за период с 2014 по 2021 г. Показано, что сельскохозяйственные организации производят преобладающую долю продукции, значительно опережая по этому показателю хозяйства населения и крестьянские (фермерские) хозяйства. Интегрированные организации входят в состав агрохолдингов и значительно превосходят самостоятельные организации по общему объему производства (более чем в 8 раз по итогам 2021 г.). Основными видами товарной продукции интегрированных организаций является живая масса свиней и птицы, совокупная доля которой на протяжении 2014–2021 гг. варьировала в интервале от 50 до 70% от общей выручки этих организаций. Применительно к общей совокупности самостоятельных организаций явная специализация не прослеживается, но наметилась тенденция роста доли молока (от 18,4% в 2014–2015 гг. до 27,1% в 2020–2021 гг.). На товарную структуру в интегрированных организациях основное влияние оказывает стремление нарастить производство продукции с высокой добавленной стоимостью (продукция свиноводства и птицеводства, продукты их переработки, сахар, подсолнечное масло), что позволяет с большей выгодой реализовать экономические интересы собственников агрохолдингов. Напротив, изменения в структуре товарной продукции самостоятельных организаций вызваны главным образом стремлением адаптироваться к факторам внешнего окружения, то есть это реакция на изменение спроса, ценовых условий сбыта, а также стремление купировать риски, порождаемые оппортунистическими действиями покупателей сельскохозяйственной продукции. Следовательно, товарная структура сельскохозяйственных организаций Белгородской области в значительной мере определяется процессами агропромышленной интеграции и их последствиями для самостоятельных сельскохозяйственных организаций.

Ключевые слова: сельскохозяйственные организации, интегрированные организации, самостоятельные организации, Белгородская область, структура товарной продукции, агропромышленная интеграция

Для цитирования: Аничин В.Л., Добрунова А.И., Ломазов В.А., Яковенко Н.Ю. Структурные изменения в производственно-коммерческой деятельности сельскохозяйственных организаций Белгородской области // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 3(78). С. 217–224. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_217-224.

5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS
(ECONOMIC SCIENCES)

Original article

**Structural changes in the production and commercial
activities of agricultural organizations of Belgorod Oblast**

Vladislav L. Anichin^{1✉}, Alina I. Dobrunova², Vadim A. Lomazov³, Natalia Yu. Yakovenko⁴

^{1, 2, 3, 4}Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin, Belgorod, Russia

¹vladislavanichin@rambler.ru[✉]

Abstract. The authors present the findings of the investigation of structural changes in the production and commercial activities of two types of agricultural of Belgorod Oblast (integrated and independent) for the period from 2014 to 2021, showi that agricultural organizations produce the predominant share of agricultural products, significantly outpacing the households of the population and peasant (farm) households by this indicator. The integrated organizations are part of agricultural holdings and surpass by far independent organizations in terms of total production (more than 8 times by the end of 2021). The main types of commercial products of integrated organizations are body weight of pigs and poultry, the cumulative share of which during 2014-2021 varied in the range from 50 to 70% of the total receipts of these organizations. In relation to the totality of independent organizations, there is no obvious specialization, but there has been an upward trend in the share of milk (from 18.4% in 2014-2015 to 27.1% in 2020-2021). The commodity structure in integrated organizations is greatly influenced by the desire to increase the production of high value-added products (pig and poultry products, processed products, sugar, sunflower oil), which makes it possible to realize the economic interests of the owners of agricultural holdings with greater benefit. On the contrary, changes in the structure of commodity products of

independent organizations are caused mainly by the desire to adapt to the factors of the external environment, i.e. it is a reaction to changes in demand, price conditions of sale, as well as the desire to negate the risks generated by opportunistic actions of buyers of agricultural products. Consequently, the commodity structure of agricultural organizations in Belgorod Oblast is largely determined by the processes of agro-industrial integration and their consequences for independent agricultural organizations.

Keywords: agricultural organizations, integrated organizations, independent organizations, Belgorod Oblast, structure of commodity products, agro-industrial integration

For citation: Anichin V.L., Dobrunova A.I., Lomazov V.A., Yakovenko N.Yu. Structural changes in the production and commercial activities of agricultural organizations of Belgorod Oblast. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(3):217-224. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_217-224.

Агропромышленный комплекс Белгородской области представлен хозяйствующими субъектами, различающимися по масштабам и видам деятельности, по организационно-правовым формам и экономическому состоянию. Наиболее крупные хозяйствующие субъекты имеют свои дивизиональные подразделения в других регионах Российской Федерации [12].

Развитие агропромышленной интеграции позволило снять ряд проблем, обусловленных неравенством рыночной власти сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. В связи с этим может сложиться мнение, что все проблемы, порождаемые несправедливой вертикальной конкуренцией и другими вызовами, будут сняты, если в стране будут функционировать несколько десятков крупных отечественных интегрированных структур (так называемая идеальная структура агропромышленного комплекса), каждая из которых будет контролировать все этапы создания добавленной стоимости, начиная от разработки нового генетического материала сельскохозяйственных растений, птицы, животных и заканчивая сбытом продовольствия конечному потребителю.

Так, Т.В. Остапенко приходит к выводу, что для преодоления проблем в овоще-продуктовой цепочке необходимо формировать селекционно-семеноводческие центры, развивать инфраструктуру, создавать оптово-распорядительные центры, заготовительные базы, склады, терминалы, оснащенные холодильным оборудованием [6], что в современных условиях могут реализовать крупные интегрированные структуры. Здесь актуально замечание А.Е. Кисовой и А.В. Лизневой о том, что инвестиционная деятельность напрямую влияет на показатели эффективности управления [3], поскольку расширение контроля над цепочкой создания добавленной стоимости представляет собой одно из перспективных направлений для инвестиций. Однако такая идеальная структура агропромышленного комплекса маловероятна в силу различных причин.

Во-первых, естественным состоянием агропромышленного комплекса является многоукладность: сельскохозяйственную продукцию и продукты ее переработки производят предприятия различных организационно-правовых форм и размеров. Соотношение между этими предприятиями по их численности и объемам деятельности меняется, но разнообразие все равно сохраняется.

Во-вторых, матрица продуктовых цепочек создания добавленной стоимости интегрированной структуры является, как правило, неполной в силу различных причин. Неполнота матрицы продуктовых цепочек создания добавленной стоимости в интегрированных структурах предопределяет взаимодействие последних как между собой, так и представителями среднего и малого агробизнеса. К.Д. Недиков и А.В. Улезько связывают возможности развития интеграционных взаимодействий в региональном АПК с вовлечением в интеграционные процессы новых субъектов, включая представителей малого бизнеса, углублением переработки сельскохозяйственной продукции, повышением сбалансированности интегрированных формирований за счет оптимизации продуктовых цепочек и межсубъектных связей и др. [5]. Следовательно, практически все интегрированные структуры вынуждены взаимодействовать с другими субъектами агробизнеса. Вопрос состоит лишь в том, какая форма взаимодействия наиболее эффективна.

Такой формой, по мнению ряда авторов, является кластер. А.А. Арский в контексте своего исследования трактует агропромышленный кластер «как организованную систему, кооперацию нескольких субъектов агропромышленного комплекса, чья деятельность направлена на производство сельскохозяйственной продукции или оказание услуг предприятиям агропромышленного комплекса» [1]. А.Г. Зайцев и С.В. Полторыхина представляют агрокластеры как совокупность взаимосвязанных организаций, географически сконцентрированных и реализующих совместную деятельность на основе взаимодополнения. Центральным звеном агрокластера указанные авторы считают крупные перерабатывающие предприятия, оказывающие значимое влияние на деятельность местных производителей сельскохозяйственной продукции и инфраструктурных организаций [2]. А.И. Подлипский считает отличительной особенностью кластеров объединение организаций на основе региональной принадлежности, а также вхождение в состав кластера не только коммерческих организаций, но и научных учреждений, вузов, органов государственного управления [7]. При этом П.С. Юнусова замечает, что в настоящее время отсутствует общепризнанное определение понятия «кластер» [10], что, с одной стороны, не позволяет сформировать эмпирическую базу для анализа эффективности этой формы взаимодействия субъектов АПК, а с другой – порождает сомнения в ее реалистичности.

В-третьих, как известно, жизненный цикл любой организации конечен, а если свою деятельность прекращает крупная интегрированная структура, это несет риск ухудшения социально-экономического состояния территории ее присутствия [9]. Следовательно, не приходится рассчитывать на то, что саморазвитие крупных интегрированных структур автоматически приведет к идеальному состоянию агропромышленного комплекса. Кроме того, как отмечает С.В. Монахов, у крупных агропромышленных формирований имеются свои нерешенные проблемы, главным образом институциональные, к которым относятся несовершенство законодательства и принципов оказания государственной поддержки, систематические провалы рынка, технологическая импортозависимость, административные барьеры. Ускорить решение многих проблем призвано активное развитие механизма государственно-частного партнерства, обеспечивающего эффективное взаимодействие крупных интегрированных агропромышленных образований и государственных структур [4].

Авторами выполнен анализ структурных изменений в производственно-коммерческой деятельности двух типов сельскохозяйственных организаций Белгородской области – интегрированных и самостоятельных – за период с 2014 по 2021 г., показавший, что сельскохозяйственные организации занимают ведущее место по общему объему сельскохозяйственного производства области (рис. 1).



Структура производства валовой продукции по категориям хозяйств и типам организаций в Белгородской области в 2021 г.

Источник: составлено по данным [8].

В составе сельскохозяйственных организаций доминируют субъекты, входящие в интегрированные агропромышленные формирования (дочерние организации и филиалы), которые в 2021 г. произвели 76,9% общего объема валовой сельскохозяйственной продукции региона.

Развитие агропромышленной интеграции связано не только с созданием новых организационных форм и способов взаимодействия между сельскохозяйственными и промышленными предприятиями, но и с изменениями структуры выпускаемой продукции как в интегрированных, так и в самостоятельных организациях.

Как следует из данных, приведенных в таблице 1, в начале анализируемого периода в структуре товарной продукции в среднем по всем сельскохозяйственным организациям Белгородской области преобладала выручка от продажи живой массы свиней – 31,7–38,8%. Еще большую долю этот вид продукции занимал среди интегрированных организаций – 32,9–41,1%. На втором месте по размеру доли находилась выручка от реализации живой массы птицы. Среди самостоятельных организаций наибольшую долю в структуре товарной продукции в начале анализируемого периода занимали молоко, живая масса свиней и зерно (табл. 1).

Таблица 1. Структура товарной продукции в организациях Белгородской области в начале анализируемого периода (2014–2015 гг.), %

Виды продукции	Все организации		Интегрированные организации		Самостоятельные организации	
	2014 г.	2015 г.	2014 г.	2015 г.	2014 г.	2015 г.
Зерно	6,7	8,8	5,9	8,2	17,3	14,6
Сахарная свекла	2,3	3,8	2,2	3,9	4,0	2,6
Подсолнечник	1,1	2,2	1,0	1,7	3,7	7,0
Молоко	3,3	4,0	2,2	2,7	19,4	17,4
Живая масса КРС	0,7	1,2	0,5	0,9	3,8	4,5
Живая масса свиней	31,7	38,8	32,9	41,1	14,2	15,2
Живая масса птицы	23,7	28,3	25,2	30,9	2,3	1,7
Яйца	3,3	4,8	3,0	4,2	7,9	11,4
Прочая продукция	27,1	8,2	27,1	6,5	27,4	25,4
Итого	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Источник: составлено по данным [8].

Структурные изменения в производственно-коммерческой деятельности интегрированных и самостоятельных сельскохозяйственных организаций вызваны, с одной стороны, их индивидуальными стратегиями. Так, М.Н. Шевченко с соавт. полагают, что универсальной стратегии для всех предприятий не существует. Каждое из предприятий, работающих в аграрной сфере, по-своему уникально, поэтому содержание его стратегии также оригинально [11]. С другой стороны, действуют общие для всех организаций экономические законы и факторы внешней среды.

Как следует из данных, приведенных в таблице 2, в конце анализируемого восьмилетнего периода в целом по всем сельскохозяйственным организациям и организациям, входящим в интегрированные формирования, в составе товарной продукции сохранилось лидерство доли живой массы свиней и живой массы птицы, но уже с меньшим отрывом.

Среди самостоятельных организаций, напротив, произошли значительные изменения: резко увеличилась доля молока (26,4%), второе место заняла доля зерна (21,9%), третье место – доля подсолнечника (13,6%), четвертое – доля живой массы свиней (12,6%) (табл. 2).

Таблица 2. Структура товарной продукции организаций Белгородской области в конце анализируемого периода (2020–2021 гг.), %

Виды продукции	Все организации		Интегрированные организации		Самостоятельные организации	
	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.
Зерно	9,8	9,5	9,0	8,5	21,3	21,9
Сахарная свекла	2,2	2,8	2,3	2,9	0,3	0,8
Подсолнечник	3,0	3,0	2,2	2,1	13,0	13,6
Соя	4,7	4,3	4,6	4,3	6,4	3,5
Молоко	4,7	4,7	2,9	2,9	27,7	26,4
Живая масса КРС	1,0	1,2	0,7	0,9	5,6	5,4
Живая масса свиней	29,5	29,3	30,8	30,6	13,3	12,6
Живая масса птицы	18,0	19,7	19,4	21,2	0,0	0,0
Яйца	3,5	3,8	3,7	4,0	1,2	1,4
Прочая продукция	23,6	21,9	24,6	22,5	11,2	14,4
Итого	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Источник: составлено по данным [8].

В конце анализируемого периода в аналитической информации министерства сельского хозяйства и продовольствия Белгородской области появился раздел «Соя», в котором отражаются результаты деятельности по выращиванию и реализации этой культуры. Доля сои в товарной продукции организаций, входящих в состав интегрированных структур, заметно больше, чем в самостоятельных организациях, что обусловлено более развитым свиноводством и птицеводством у первых.

На товарную структуру в интегрированных организациях основное влияние оказывает стремление нарастить производство продукции с высокой добавленной стоимостью (продукция свиноводства и птицеводства, продукты их переработки, сахар, масло подсолнечника), что позволяет реализовать экономические интересы собственников агрохолдингов (табл. 3).

Таблица 3. Структура товарной продукции в среднем по интегрированным сельскохозяйственным организациям Белгородской области

Продукция	В среднем за 2014–2015 гг.	В среднем за 2020–2021 гг.	2020–2021 гг. к 2014–2015 гг. (+, –)
Зерно	7,1	8,7	1,7
Сахарная свекла	3,0	2,6	–0,4
Подсолнечник	1,3	2,2	0,8
Соя	н.д.	4,4	
Молоко	2,4	2,9	0,5
Живая масса КРС	0,7	0,8	0,1
Живая масса свиней	37,0	30,7	–6,3
Живая масса птицы	28,0	20,3	–7,7
Яйца	3,6	3,8	0,2
Прочая продукция	16,8	23,5	6,7
Итого	100,0	100,0	

Источник: составлено по данным [8].

Спрос на продукцию с высокой добавленной стоимостью, учитывая дефицит продовольствия в мире, маркетинговые возможности и политическую поддержку крупнейших российских агрохолдингов со стороны публичной власти, неограничен. Анти-российские санкции и ответные меры лишь укрепили рыночные позиции отечественных агрохолдингов. Структура товарной продукции в интегрированных организациях на протяжении анализируемого периода подвергалась изменениям главным образом под

влиянием независимых от управления факторов: погодных, вспышек эпизоотий и др. Напротив, изменения в структуре товарной продукции самостоятельных организаций вызваны главным образом стремлением адаптироваться к факторам внешнего окружения (табл. 4). Изменение товарной структуры самостоятельных сельскохозяйственных организаций – это реакция на изменение спроса, ценовых условий сбыта, а также стремление купировать риски, порождаемые оппортунистическими действиями покупателей сельскохозяйственной продукции.

Таблица 4. Структура товарной продукции в среднем по самостоятельным сельскохозяйственным организациям Белгородской области

Продукция	В среднем за 2014–2015 гг.	В среднем за 2020–2021 гг.	2020–2021 гг. к 2014–2015 гг. (+, –)
Зерно	16,0	21,6	5,6
Сахарная свекла	3,3	0,5	–2,8
Подсолнечник	5,4	13,3	7,9
Соя	н.д.	4,9	
Молоко	18,4	27,1	8,6
Живая масса КРС	4,2	5,5	1,4
Живая масса свиней	14,7	13,0	–1,7
Живая масса птицы	2,0	0,0	–2,0
Яйца	9,7	1,3	–8,4
Прочая продукция	26,4	12,8	–13,6
Итого	100,0	100,0	

Источник: составлено по данным [8].

Для самостоятельных сельскохозяйственных организаций предпочтительными являются те виды продукции, которые можно длительное время хранить в условиях предприятия и география потенциальных покупателей которых обширна в силу транспортабельности товара. В эту первую категорию продукции входят фуражное и продовольственное зерно, семена подсолнечника, соевые бобы.

Вторая привлекательная категория продукции определяется умеренной рыночной властью покупателей. К числу последних принадлежат местные перерабатывающие предприятия, не входящие в интегрированные структуры. Таковыми являются многие молочные заводы и мясоперерабатывающие предприятия. Соответственно во вторую категорию продукции входят сырое молоко, живая масса КРС и свиней.

Третья категория включает продукцию, пригодную для внутривозвращенной переработки: зерно, молоко, семена подсолнечника. Создание мощностей по внутривозвращенной переработке сельскохозяйственной продукции служит материальной основой для развития агропромышленной интеграции снизу, когда в роли интегратора выступает собственник сельскохозяйственного предприятия. Реорганизация цехов по внутривозвращенной переработке сельскохозяйственной продукции в дочерние организации – это путь создания интегрированной структуры, которым могут воспользоваться экономически успешные сельскохозяйственные организации, реализующие стратегию роста.

Четвертая категория включает продукцию, пригодную для реализации конечному потребителю: плоды семечковых и косточковых культур, ягоды, бахчевые, куриные яйца, картофель, овощи.

Следовательно, товарная структура сельскохозяйственных организаций Белгородской области в значительной мере определяется процессами агропромышленной интеграции и последствиями последней. Поскольку преобладающая часть производственных ресурсов аграрного сектора экономики Белгородской области принадлежит дочерним организациям агрохолдингов, то и общая товарная структура (табл. 5) во многом подобна товарной структуре, сложившейся по совокупности агрохолдингов.

Таблица 5. Структура товарной продукции в среднем по сельскохозяйственным организациям Белгородской области

Продукция	В среднем за 2014–2015 гг.	В среднем за 2020–2021 гг.	2020–2021 гг. к 2014–2015 гг. (+, –)
Зерно	7,7	9,7	1,9
Сахарная свекла	3,0	2,5	–0,6
Подсолнечник	1,7	3,0	1,3
Соя	н.д.	4,5	
Молоко	3,7	4,7	1,0
Живая масса КРС	1,0	1,1	0,1
Живая масса свиней	35,2	29,4	–5,8
Живая масса птицы	26,0	18,8	–7,2
Яйца	4,1	3,6	–0,4
Прочая продукция	17,7	22,8	5,1
Итого	100,0	100,0	0,0

Источник: составлено по данным [8].

Таким образом, товарная структура сельскохозяйственных организаций Белгородской области в значительной мере определяется процессами агропромышленной интеграции и их последствиями для самостоятельных сельскохозяйственных организаций. Различия в структуре товарной продукции интегрированных и самостоятельных сельскохозяйственных организаций обусловлены тем, что цепочки создания добавленной стоимости в АПК Белгородской области формируются преимущественно в условиях интеграции собственности. Контрактная интеграция играет в настоящее время второстепенную роль, а ее потенциал используется не полностью. В связи с этим представляется перспективным направлением исследований выявление возможности создания условий для эффективного взаимодействия интегрированных структур и самостоятельных сельскохозяйственных организаций, отвечающего народнохозяйственным и частнокоммерческим интересам.

Список источников

1. Арский А.А. Экономические аспекты генерации агропромышленных кластеров // Маркетинг и логистика. 2020. № 2(28). С. 5–10.
2. Зайцев А.Г., Полторыхина С.В. Агропромышленные кластеры как источник инновационного развития: стратегия и институты // Вестник аграрной науки. 2021. № 2(89). С. 113–118.
3. Кисова А.Е., Лизнева А.В. Инвестиционная деятельность фирмы: сущность, взаимосвязь с показателями эффективности системы управления // Инновационная экономика и право. 2022. № 2(21). С. 6–13.
4. Монахов С.В. Институциональные аспекты развития агропромышленных формирований в современных условиях // Актуальные вопросы современной экономики. 2022. № 2. С. 173–176. DOI: 10.34755/IROK.2022.71.42.044.
5. Недиков К.Д., Улезько А.В. Перспективные направления развития системы интеграционных взаимодействий в агропродовольственном комплексе // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 1(72). С. 171–179. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_1_171.
6. Остапенко Т.В. Изменение ценовых пропорций в продуктовых цепочках АПК // Аграрные конференции. 2018. № 3(9). С. 24–30.
7. Подлипский А.И. Рекомендации по созданию эффективных интеграционных структур в агробизнесе Республики Беларусь // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3. С. 21–27.
8. Сельское хозяйство Белгородской области в 2021 году. Стат. сб. Белгород: Белгородстат, 2022. 150 с.
9. Узун В.Я. Банкротство агрохолдинга: причины, последствия, уроки (на примере АХ «Евродон») // Вопросы экономики. 2020. № 10. С. 117–131. DOI: 10.32609/0042-8736-2020-10-117-131.
10. Юнусова П.С. Теоретические основы формирования региональных агрокластеров // Региональные проблемы преобразования экономики. 2021. № 2(124). С. 31–38. DOI: 10.26726/1812-7096-2021-2-31-38.
11. Shevchenko M.N., Dorofeev A.F., Dobrunova A.I. et al. The choice of competitive strategy of agricultural enterprise // Innovations in Agricultural Complex: problems and perspectives. 2019. Vol. 3(23). Pp. 105–115.
12. Anichin V.L., Vladyka M.V., Dobrunova A.I. et al. The state and prospects of smart specialization of Agro-Industrial Complex of Belgorod region // International Journal of Ecosystems and Ecology Science. 2021. Vol. 11(4-2). Pp. 1019–1024. DOI: 10.31407/ijees11.448.

References

1. Arskiy A.A. Ekonomicheskie aspekty generatsii agropromyshlennykh klasterov [Economic aspects of the generation of agro-industrial clusters]. *Marketing i logistika = Marketing and Logistics*. 2020;2:5-10. (In Russ.).
2. Zaitsev A.G., Poltorikhina S.V. Agropromyshlennyye klasteryy kak istochnik innovatsionnogo razvitiya: strategiya i instituty [Agro-industrial clusters as a source of innovative development: strategy and institutions]. *Vestnik agrarnoy nauki = Bulletin of Agrarian Science*. 2021;2:113-118. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.2.113. (In Russ.).
3. Kisova A.E., Lisneva A.V. Investitsionnaya deyatel'nost' firmy: sushchnost', vzaimosvyaz' s pokazatelyami effektivnosti sistemy upravleniya [Investment activity of the company: the essence, the relationship with the performance indicators of the management system]. *Innovatsionnaya ekonomika i pravo = Innovative Economics and Law*. 2022;2:6-13. DOI: 10.53015/2782-263X_2022_2_6. (In Russ.).
4. Monakhov S.V. Institutsional'nye aspekty razvitiya agropromyshlennykh formirovaniy v sovremennykh usloviyakh [Institutional aspects of the development of agro-industrial organizations in modern conditions]. *Aktual'nye voprosy sovremennoy ekonomiki = Actual Issues of the Modern Economy*. 2022;2:173-176. DOI: 10.34755/IROK.2022.71.42.044. (In Russ.).
5. Nedikov K.D., Ulez'ko A.V. Perspektivnye napravleniya razvitiya sistemy integratsionnykh vzaimodejstviy v agroproduktovom komplekse [Perspectives for development of the system of integration interactions in the agrifood complex]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(1):171-179. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_1_171. (In Russ.).
6. Ostapenko T.V. Izmenenie tsenovykh proporcij v produktovykh tsepkakh APK [Changing price proportions in the food chains of the Agro-Industrial Complex]. *Agrarnyye konferentsii = Agrarnyye konferencii*. 2018;3:24-30. (In Russ.).
7. Podlipsky A.I. Rekomendatsii po sozdaniyu effektivnykh integratsionnykh struktur v agrobiznese Respubliki Belarus' [Recommendations on the creation of effective integration structures in the agribusiness of the Republic of Belarus]. *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyajstvennoy akademii = Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2022;3:21-27. (In Russ.).
8. Sel'skoe khozyajstvo Belgorodskoy oblasti v 2021 godu. Statisticheskij sbornik [Agriculture of the Belgorod region in 2021. Statistical digest]. Belgorodstat; 2022. 150 p.
9. Uzun V.Yu. Bankrotstvo agrokholdinga: prichiny, posledstviya, uroki (na primere AKh "Evrodon") [Bankruptcy of the agricultural holding: Causes, consequences, lessons (The case of "Eurodon")]. *Voprosy Ekonomiki = Issues of Economics*. 2020;10:117-131. DOI: 10.32609/0042-8736-2020-10-117-131. (In Russ.).
10. Yunusova P.S. Teoreticheskie osnovy formirovaniya regional'nykh agroklastero [Theoretical foundations of the formation of regional agroclusters]. *Regional'nye problemy preobrazovaniya ekonomiki = Regional problems of transforming the economy*. 2021;2:31-38. DOI: 10.26726/1812-7096-2021-2-31-38. (In Russ.).
11. Shevchenko M.N., Dorofeev A.F., Dobrunova A.I. et al. The choice of competitive strategy of agricultural enterprise. *Innovations in Agricultural Complex: problems and perspectives*. 2019;3:105-115.
12. Anichin V.L., Vladyka M.V., Dobrunova A.I. et al. The state and prospects of smart specialization of Agro-Industrial Complex of Belgorod region. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*. 2021;11(4-2):1019-1024. DOI: 10.31407/ijees11.448.

Информация об авторах

В.Л. Аничин – доктор экономических наук, профессор кафедры экономики ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», vladislavanichin@rambler.ru.

А.И. Добрунова – доктор экономических наук, профессор кафедры экономики ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», dobrunova_ai@bsaa.edu.ru.

В.А. Ломазов – доктор экономических наук, профессор кафедры прикладной информатики и математики ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», vlomazov@yandex.ru.

Н.Ю. Яковенко – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», nata.jackovencko2010@yandex.ru.

Information about the authors

V.L. Anichin, Doctor of Economic Sciences, Professor, the Dept. of Economics, Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin, vladislavanichin@rambler.ru.

A.I. Dobrunova, Doctor of Economic Sciences, Professor, the Dept. of Economics, Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin, dobrunova_ai@bsaa.edu.ru.

V.A. Lomazov, Doctor of Economics, Professor, the Dept. of Applied Informatics and Mathematics, Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin, vlomazov@yandex.ru.

N.Yu. Yakovenko, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Economics, Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin, nata.jackovencko2010@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 14.05.2023; одобрена после рецензирования 24.06.2023; принята к публикации 03.07.2023.

The article was submitted 14.05.2023; approved after reviewing 24.06.2023; accepted for publication 03.07.2023.

© Аничин В.Л., Добрунова А.И., Ломазов В.А., Яковенко Н.Ю., 2023

5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА
(ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 338.436.33

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_3_225

EDN: HYGAJI

**Современное состояние и тенденции
производства зерна в Ставропольском крае**

Анна Александровна Тер-Григорьянц^{1✉}, Елена Александровна Шелухина²

^{1,2}Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия

¹ann_ter@mail.ru[✉]

Аннотация. Трансформация мирохозяйственных связей, проявляющиеся кризисные явления в экономике, нестабильная политическая ситуация обуславливают обострение проблемы обеспечения национальной продовольственной безопасности. Мультипликативный эффект от устойчивого производства зерна позволит решить многие проблемы социально-экономического развития страны и отдельных ее территорий. Ставропольский край входит в состав Северо-Кавказского экономического района и располагает значительным потенциалом для стабильного и эффективного производства зерна. На зерновые культуры приходится более 75% посевных площадей региона. Проведенные исследования свидетельствуют, что при общей тенденции к увеличению роста производства зерновых в Ставропольском крае, достаточно велики колебания результативности хозяйственной деятельности по годам. Общая вариабельность показателей производства зерновых на 46,7% обусловлена долговременной тенденцией развития, в то время как на 53,2% предопределяется воздействием случайных событий и неконтролируемых факторов. Развитие зернового производства имеет стохастический характер, наибольшее влияние на него оказывают такие переменные, как зависимость условий и результатов деятельности аграриев от природных и метеорологических факторов территории, что следует учитывать в процессе разработки альтернативных прогнозных сценариев развития отрасли. Предложенный методический инструментарий для расчета показателей производства зерновых культур доведен до уровня рабочей методики и может представлять практический интерес для отдельных сельхозпроизводителей, а также использоваться в деятельности региональных органов власти. На основе построенных прогнозов должны формироваться планы сельскохозяйственного производства исходя из обеспечения максимальной эффективности использования ограниченных производственных ресурсов.

Ключевые слова: зерновая отрасль, производство, урожайность зерновых культур, регион, развитие, экономическая оценка, динамика, вероятностный подход, прогнозирование, сценарии развития

Благодарности: исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда, грант № 23-28-01098, <https://rscf.ru/project/23-28-01098>.

Для цитирования: Тер-Григорьянц А.А., Шелухина Е.А. Современное состояние и тенденции производства зерна в Ставропольском крае // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 3(78). С. 225–237. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_225-237.

5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS
(ECONOMIC SCIENCES)

Original article

Current state and trends of grain production in Stavropol Krai

Anna A. Ter-Grigor'yants^{1✉}, Elena A. Shelukhina²

^{1,2}North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia

¹ann_ter@mail.ru[✉]

Abstract. The transformation of world economic relations, the emerging crisis phenomena in the economy, and the unstable political situation cause the aggravation of the problem of ensuring the national food security. The multiplicative effect of sustainable grain production will allow solving many problems of social and economic development of the country and its individual territories. Stavropol Krai is part of the North Caucasus Economic Region and has a significant potential for stable and efficient grain production. Grain crops account for more than 75% of the sown areas of the region. The conducted research shows that within the general trend towards increasing the growth of grain production in Stavropol Krai there are quite large annual fluctuations in the efficiency of economic activities. The overall variability of grain production indicators is by 46.7% predetermined by a long-term development trend, while 53.2% account for the impact of random events and uncontrolled factors. The development of grain production has a stochastic character, which is to the greatest extent influenced by such variables as the dependence of conditions and results of farming activities from natural and meteorological factors of the territory. This should be taken into account in the process of developing alternative forecast scenarios for the development of the industry. The proposed methodological tools for calculating the indicators of grain production have been brought

to the level of a working methodology and may be of practical interest to individual agricultural producers, as well as regional authorities. On the basis of the constructed forecasts, agricultural production plans should be formed in order to ensure the maximum efficiency of use of limited production resources.

Key words: grain industry, production, grain crop yield, region, development, economic assessment, dynamics, probability-based approach, forecasting, development scenarios

Acknowledgments: the study was supported by the Russian Science Foundation, Project No. 23-28-01098, <https://rscf.ru/project/23-28-01098>.

For citation: Ter-Grigor'yants A.A., Shelukhina E.A. Current state and trends of grain production in Stavropol Krai. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(3):225-237. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_225-237.

Введение

Системообразующим элементом агропромышленного комплекса Российской Федерации является зерновое хозяйство. Продукты, производимые из зерна, способны удовлетворить до 40% суточной потребности человека в пище, а учитывая их потребление в отраслях животноводства, этот уровень увеличивается до 60%. Зерновой комплекс имеет важное значение и для реализации поставленных в Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации целей, где отмечена необходимость достижения порогового количественного значения производства зерна для обеспечения продовольственной независимости страны [7]. Продовольственная независимость определяется как уровень самообеспечения, рассчитываемый как отношение объема отечественного производства сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия к объему их внутреннего потребления и имеющий пороговые значения в отношении зерна – не менее 95% (справочно: пороговое значение удельного веса зерна отечественного производства в общем объеме его ресурсов внутреннего рынка с 2013 г. не опускалось ниже 98% и было значительно выше соответствующего показателя по сравнению с другими видами продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья) [1].

Россия является одним из крупнейших в мире производителей зерновых культур: пшеницы, ржи, ячменя, овса, кукурузы, риса. *Зерновое хозяйство страны развивается в достаточно благоприятных климатических условиях, зерновые культуры высеваются на почвах высокого качества, отрасль характеризуется сравнительно низкой себестоимостью производства, относительно быстрой окупаемостью затрат. Эффективность отрасли обеспечивается преимущественно за счет ускоренного развития крупнотоварных зернопроизводящих хозяйств в основных регионах производства товарного зерна, соблюдения технологий, совершенствования севооборотов, рационального размещения и специализации производства. Структура посевных площадей зерновых культур формируется исходя из агроклиматических и географических особенностей территорий страны с учетом возможностей интенсификации зерновой отрасли* [5].

Происходящие макроэкономические сдвиги в распределении мировых запасов зерна, введение санкций предопределили как усиление проявления *ценовых рисков, рисков логистики и хранения, дефицита семенного фонда, доступности техники, так и снижение уровня маржинальности в зерновой отрасли. Данные аспекты обуславливают необходимость формирования комплекса актуальных финансовых и нефинансовых мер, направленных на повышение эффективности и конкурентоспособности зернового комплекса в условиях повышенной неопределенности рыночной среды.*

В сложившейся ситуации необходимо систематически осуществлять анализ производства зерновых культур в отдельных регионах страны как в текущем периоде, так и на перспективу. Использование результатов прогнозной оценки показателей развития зернового хозяйства отдельных субъектов РФ будет способствовать усилению ориентированности отечественного агропромышленного комплекса на конечный результат, формированию единого рыночного пространства для территорий, повышению устойчивости доходов аграрных производителей, росту инвестиционной привлекательности сельского хозяйства, эффективности использования бюджетных ресурсов [10].

Методика эксперимента

В основе исследования лежит диалектический подход к изучению закономерностей формирования и развития зернового комплекса. Производство зерновых культур имеет стохастический характер, что предопределяет необходимость использования как общих, так и специальных методов научного познания. Использование генетического подхода и метода экстраполяции позволило идентифицировать основополагающие условия и факторы производства зерновых культур в регионе, что обеспечило возможность получить суждения относительно состояния отрасли в будущем.

На основе функционального подхода изучены взаимосвязи и взаимозависимости экономических и неэкономических предпосылок эффективного развития зернового комплекса в условиях трансформации рыночных отношений и происходящих институциональных изменений. Применение экономико-статистических методов базируется на использовании вероятностного подхода к оценке тенденций развития производства зерновых культур с учетом существенной его зависимости от случайных, прежде всего погодных, факторов.

Разнообразный экономико-математический инструментарий позволил обосновать и применить адаптивную методику расчета прогнозных показателей урожайности зерновых культур, размера посевных площадей и валового сбора зерновых с учетом вероятностной оценки пессимистического, наиболее вероятного и оптимистического сценариев развития зерновой отрасли в регионе.

Результаты и их обсуждение

Вопросам использования природно-ресурсного потенциала России и отдельных ее регионов для развития зернового хозяйства посвящены исследования многих отечественных ученых-экономистов. Особое значение в решении организационно-экономических проблем становления и развития зернового хозяйства страны имеют работы известного ученого А.И. Алтухова, который, рассматривая зернопродуктовый подкомплекс как систему взаимосвязанных производств и отраслей сельского хозяйства (включая перерабатывающую и пищевую промышленность, торговлю и другие обслуживающие отрасли), обосновал, что эффективность функционирования зернового хозяйства является не только отраслевой, но и макроэкономической проблемой, во многом зависящей от происходящих структурных и институциональных преобразований [1].

В.Н. Масалов, Н.А. Березина, И.В. Червонова, характеризуя зерновой комплекс как производственно-экономическую систему национального масштаба, оказывающую влияние на потенциал других отраслей АПК, подчеркивают, что современной агроэкономической наукой формализованы объективные закономерности развития продовольственной системы, частью которой является зерновое хозяйство [5].

Согласно Долгосрочной стратегии развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года [8] территориями страны с благоприятными условиями для производства зерна являются регионы Северного Кавказа. Ставропольский край входит в состав Северо-Кавказского экономического района и располагает значительным потенциалом для стабильного и эффективного производства зерна. Следует отметить, что зерновое хозяйство АПК региона решает не только вопросы продовольственного обеспечения населения, но и создает рабочие места в сельской местности, где для большинства крестьянских (фермерских) хозяйств производство зерна является основным источником получения доходов.

Приведенные на рисунке 1 данные свидетельствуют о значительном росте в последние десятилетия на Ставрополье валового сбора зерновых. В 2022 г. валовый сбор зерновых культур в регионе составил 8529 тыс. т, что в 2,3 раза больше, чем в 2000 г. Следует отметить, что за всю историю наблюдений (1946–2022 гг.) максимальная продуктивность зерновых культур (43,1 ц/га) и их рекордный валовой сбор (10309 тыс. т) отмечены в 2016 г.

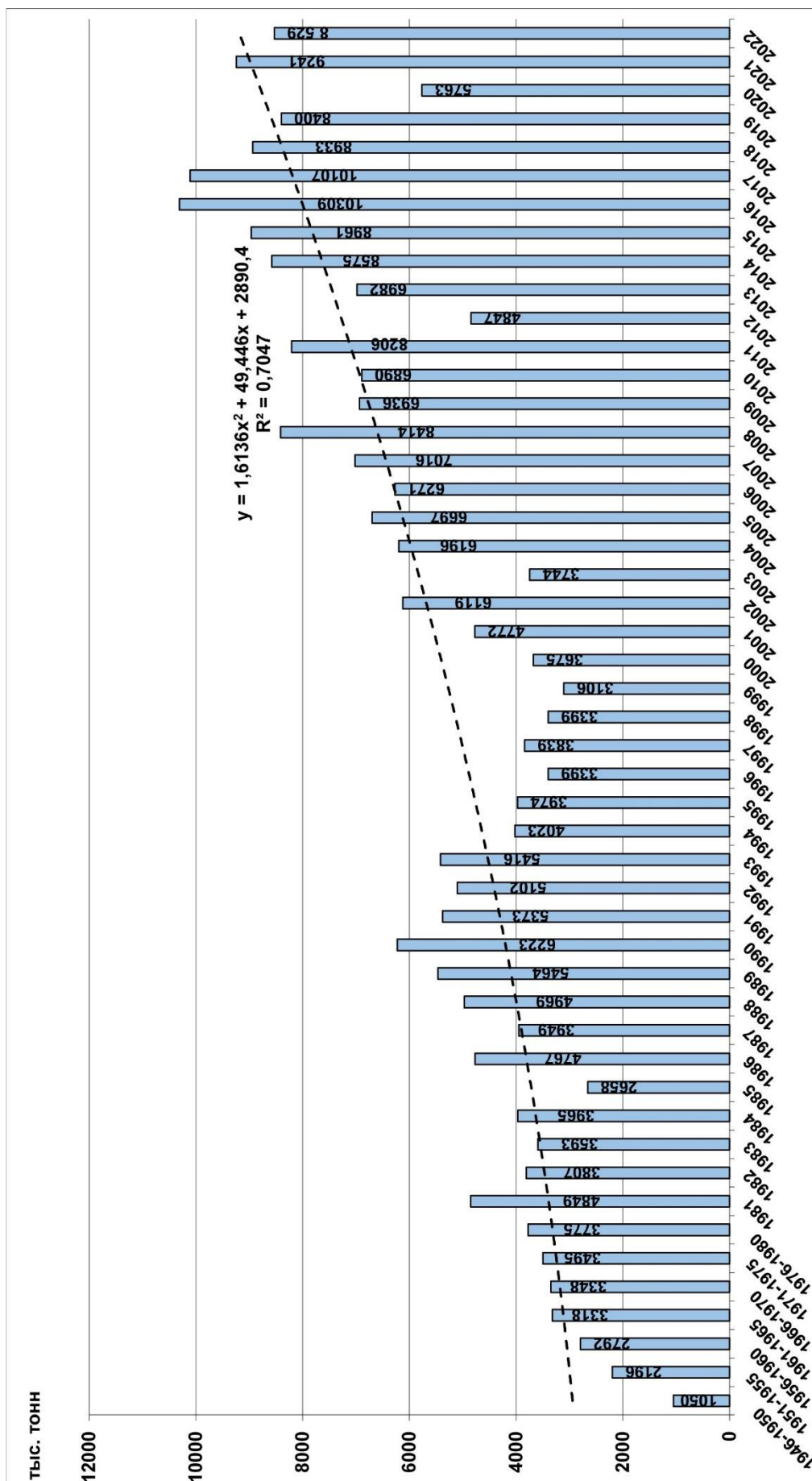


Рис. 1. Динамика производства зерна в Ставропольском крае в 1946–2022 гг., тыс. т: у – валовой сбор зерна; х – время; пунктирная линия – полиномиальная функция валового сбора зерна

Источник: составлено авторами по данным [4, 12, 13].

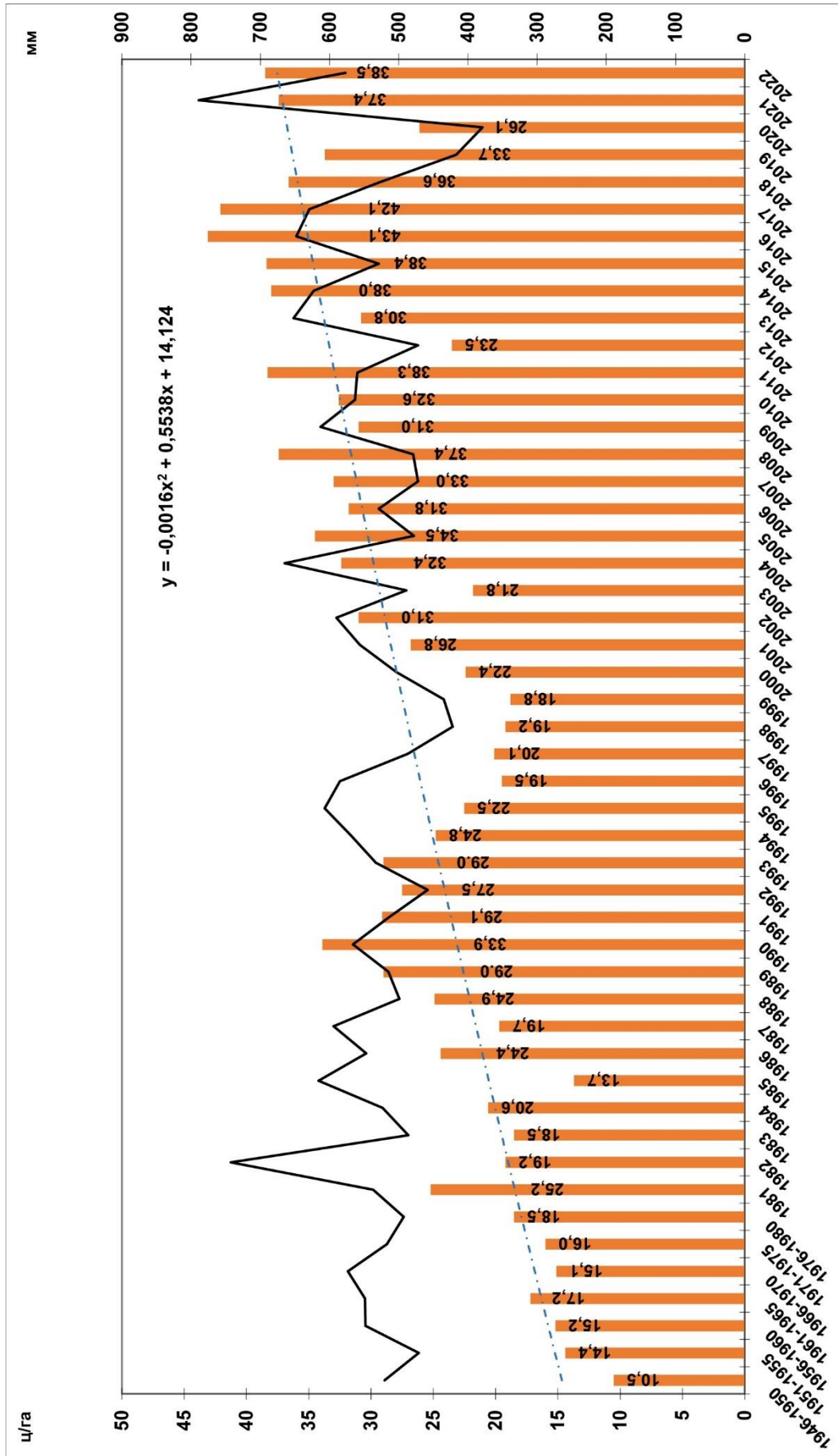


Рис. 2. Динамика урожайности зерновых культур во всех категориях хозяйств Ставропольского края в 1946–2022 гг. в зависимости от количества осадков, ц/га: у – урожайность зерновых, x – время; пунктирная линия – полиномиальная функция урожайности зерна

Источник: составлено авторами по данным [4, 6, 9, 11–13].

Повышательная тенденция производства зерна в Ставропольском крае с 2000 г. обусловлена ростом как урожайности, так и увеличением посевных площадей сельскохозяйственных культур. Так, если в 2000 г. посевные площади зерновых культур в регионе составляли 1746 тыс. га, то к 2022 г. возросли на 37%, достигнув значения в 2398,1 тыс. га. Зерновые культуры занимают более 75% посевных площадей всех сельскохозяйственных культур региона.

На результаты функционирования зерновой отрасли в Ставропольском крае влияют неблагоприятные метеорологические условия, такие как засуха, суховеи, пыльные бури, ливневые осадки, зимние сильные потепления, суровые морозы, сильные ветра, ураганы, метели, вьюги, интенсивные гололеды, град, похолодания в теплый период года. При этом в результате выдувания или смыва почвы в крае происходит разрушение земель. Все это определяет высокую зависимость производства зерновых культур от природных, прежде всего погодных, факторов [9].

Данные, приведенные на рисунке 2, свидетельствуют о том, что с 1981 г. урожайность зерновых культур характеризуется повышательной тенденцией (пунктирная линия на рисунке – полиномиальная функция урожайности зерна). В течение 1946–2022 гг. максимальная продуктивность зерновых культур в Ставропольском крае отмечена в 2016 г. – 43,1 ц/га.

При этом самые низкие (1985, 1996, 1988, 1999, 2003, 2012 гг.) и самые высокие (1989, 2008, 2011, 2016, 2017 гг.) значения урожайности зерновых культур во всех категориях хозяйств Ставропольского края практически совпадают соответственно с минимальными и максимальными количествами осадков.

На рост урожайности зерновых культур в регионе значительное влияние оказывает внедрение интенсивных технологий выращивания зерна. Анализируя процессы химизации сельского хозяйства, следует отметить, что в крае в 2000–2022 гг. значительно возросло применение минеральных удобрений (табл. 1).

Таблица 1. Динамика внесения удобрений под посевы в сельскохозяйственных предприятиях Ставропольского края в 2000–2022 гг.

Показатель	Годы							Отклонение 2022 г. от 2000 г., (+; -)
	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	
Посевные площади зерновых культур, тыс. га	1746,1	1963,4	2146,4	2362,2	2321,1	2484,8	2398,1	+652,0
Внесено минеральных удобрений (в пересчете на 100% питательных веществ)								
- всего, тыс. т	41,9	91,5	150,8	186,6	224	203,4	198,5	+156,6
- на 1 га удобренных посевов зерновых культур, кг	50	48,1	74,2	89,7	112,6	95,1	91,96	+41,96
Удельный вес площади, на которой внесены минеральные удобрения, во всей посевной площади, %	30	51	67	75	86	85	84	+54
Внесено органических удобрений:								
- всего, тыс. т	720,0	3643,4	6454,8	7890,0	7332,1	5586,9	7488,6	+6768,6
- на 1 га посева зерновых, т	0,3	1,9	3	2,7	2,7	2,1	2,72	+2,42
Удельный вес площади, на которой внесены органические удобрения, во всей посевной площади, %	0,6	18	44,3	48,6	21	48,7	45,8	+45,2

Источник: составлено авторами по данным [4, 12, 13].

По статистическим данным, в 2000 г. было внесено 41,9 тыс. т минеральных удобрений (в пересчете на 100% питательных веществ), а в 2022 г. – 198,5 тыс. т, то есть произошло увеличение почти в 4 раза. Также увеличилось количество внесенных в течение 2000–2022 гг. органических удобрений – почти в 10 раз. Как следствие этого урожайность зерновых культур во многих хозяйствах в настоящее время формируется на фоне незначительной колеблемости почвенного плодородия и возрастающего влияния погодных условий по годам. Следует отметить рациональное использование удобрений и химических средств защиты растений в крае, позволяющее обеспечить защиту зерновых культур от болезней и вредителей, посевы от сорной растительности, оптимальное состояние почвы, значительно увеличить качество урожая сельскохозяйственных культур.

Кроме значительного увеличения химизации сельскохозяйственного производства в последние годы в регионе наблюдается повышение интенсивности использования техники (табл. 2).

Таблица 2. Наличие техники в зерновом комплексе Ставропольского края в 2000–2022 гг.

Показатель	Годы							2022 г. в % к 2000 г.
	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	
Тракторы, ед.	24 657	16 612	13 300	11 456	10 837	10 337	9 665	39,2
Автомобили грузовые, ед.	13 228	8 300	6 700	6 200	5 400	5 200	5 250	39,7
Комбайны зерноуборочные, ед.	5 862	4 345	4 100	3 932	3 839	3 624	3 325	56,7
Комбайны кукурузоуборочные, ед.	34	183	109	66	52	70	95	279,4
Приходится тракторов на 1 000 га пашни, ед.	7,6	4,6	4,2	3,7	3,5	3,4	3,1	40,8
Приходится зерноуборочных комбайнов на 1000 га посевных площадей зерновых культур, ед.	4	3	3	2,5	3	2	2	50,0
Приходится посевов зерновых культур на один зерноуборочный комбайн, га	265	352	344	398	385	452	477	180,0

Источник: составлено авторами по данным [4, 12, 13].

В 2022 г. по сравнению с 2020 г. более чем в 2 раза снизилось количество тракторов и грузовых автомобилей, на 43,3% уменьшилось количество зерноуборочных комбайнов. Если в 2000 г. в аграрном секторе региона было в наличии 24 657 тракторов и 5 862 зерноуборочных комбайнов, то в 2022 г. – соответственно лишь 9 665 и 3 325 ед. При этом в течение анализируемого периода наблюдается рост числа кукурузоуборочных комбайнов – с 34 до 95 ед. Следует отметить возросшую нагрузку на имеющуюся технику: в 2000 г. на один зерноуборочный комбайн приходилось 265 га посевов зерновых культур, в то время как в 2022 г. данный показатель возрос на 80% и составил 477 га. Вместе с тем в настоящее время в крае используется современная высокопроизводительная техника, в полной мере удовлетворяющая существующие потребности на всех этапах технологических процессов выращивания и уборки зерновых культур.

Однако повышение цен на материально-технические средства, поставляемые в сельское хозяйство, обуславливает рост текущих затрат сельхозтоваропроизводителей. В условиях недостатка финансовых ресурсов существенно ограничиваются возможности уменьшения негативного воздействия таких факторов, как поломки техники, засухи, болезни растений и др.

Разработка императивов социально-экономического развития региона и обоснование соответствующих отраслевых планов и программ во многом должны опираться на прогнозные параметры развития зерновой отрасли на перспективу.

Прогнозирование является сложным процессом. В настоящее время в зависимости от поставленных задач и особенностей объекта исследования используется более 150 различных методов. При этом для расчета прогнозных показателей зернового хозяйства большинство ученых считают целесообразным использовать такие методы, как нормативный, формирующий конечные целевые ориентиры, или метод экстраполяции трендов, учитывающий начальные позиции трансформационных процессов в контексте применения инновационных технологий выращивания зерновых культур [10].

В долгосрочной перспективе развитие зернового комплекса определяется уровнем устойчивости сложившихся взаимосвязей и взаимозависимостей, а также возможностью количественного и качественного наращивания потенциала для противостояния воздействию внешних неблагоприятных рисков и угроз. В любой отрасли производства и любом социальном процессе появляется динамическое единство необходимости и случайности, служащее общим причинным обоснованием существования колеблемости. В результате важно определить параметры целевых показателей, которые могут устанавливаться на основе экстраполяции тенденций, предвидения будущих ситуаций или гибких экстренных решений. Для оценки влияния факторов на устойчивость зернового хозяйства используются как традиционные (SWOT-анализ, STEP-анализ, BCG (Бостонская матрица), матрица GE/McKinsey), так и современные методики (PEST-анализ, матрица стратегических условий, матрица возможностей/уязвимости и др.) [3].

В процессе прогнозирования параметров зерновой отрасли широкое распространение получили статистические методы изучения временных рядов. В частности, для прогноза урожайности зерновых культур используются трендовые модели с дальнейшей оценкой стабильности уровней динамического ряда и степени их колеблемости. Актуальны расчетно-конструктивные и математические модели. Последние могут быть функциональными, корреляционными и оптимизационными. Во всех этих случаях прогнозирование предполагает оценку будущих событий на базе использования линейных, нелинейных и стохастических моделей. Применение моделей экспоненциального сглаживания временных рядов, параметры которого предназначены для подавления колебаний, позволяют оценить уровень значимости происходящих изменений во временном интервале [3].

Следует отметить, что модели кривых роста используются для описания тенденций происходящих изменений, а так как сельское хозяйство в достаточной степени инерционно, то использование данного метода в краткосрочном периоде целесообразно и необходимо. В настоящее время активно применяется метод последовательных разностей и выбираются кривые роста полиномиального типа. При этом возможность использования в целях анализа и прогнозирования построенных моделей может быть подтверждена только после проверки их адекватности.

Учитывая тот факт, что зерновое производство имеет сезонный характер, необходимо использование тренда сезонных процессов на основе адаптивных моделей. Во временных рядах выделяют не только сезонную трендовую компоненту, но и случайную, для чего проводится декомпозиция ряда, то есть разложение его на составные части. Здесь уже используются либо мультипликативные модели временного ряда, либо аддитивные. Адаптивные методы дают возможность использовать систему весов, присваиваемых каждому уровню временного ряда согласно их различной информационной значимости.

Для учета отдельных факторов, которые носят комплексный характер и влияют на возможные объемы производства сельскохозяйственной продукции, выделяются отдельные блоки (например, типы сельскохозяйственных производителей региона и ос-

новые каналы использования сельскохозяйственной продукции) с введением основных и вспомогательных переменных. В данном случае может использоваться крупно-агрегированная оптимизационная модель блочно-диагонального типа, критерием оптимальности которой является максимизация разницы между стоимостью товарной продукции и производственными затратами сельскохозяйственных производителей региона. Постановка на учет отдельных факторов, то есть фиктивных переменных, существенно расширяет сферу применения линейных регрессионных моделей.

Если рассматривать зарубежные модели прогнозирования в сельском хозяйстве, на основе которых специалисты Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) ежегодно готовят прогноз развития мировых продовольственных рынков на следующие 10 лет, можно отметить систему экономико-математических моделей Aglink-Cosimo. Недостатком данной модели является то, что в отечественной статистике нет данных для расчета показателей, используемых в этих моделях. Аналогом же данного подхода является построение модели на основе зависимости предложения от спроса основных видов продукции в стоимостном выражении [2]. В условиях идеального рынка тренд «производство – потребление» имеет высокое качество, подтверждаемое высоким коэффициентом детерминации. Однако в современных условиях быстро меняющихся требований рынка очень трудно скорректировать решения для формирования грамотной агропродовольственной политики.

Важным аспектом разработки модели развития отрасли зернопроизводства является учет влияния погодных условий и качества земель на результаты сельскохозяйственной деятельности. Целесообразно в данном случае использовать так называемые цепные индексы, дающие возможность определять влияние среднегодовых колебаний природных условий, и мажорантные отношения, отражающие влияние научно-технического прогресса на итоги деятельности. Применяемые методы прогноза непременно должны принимать во внимание экстремальные колебания погодных, биологических и геологических условий, тогда можно говорить об адекватности построенных моделей.

Разработка надежного прогноза урожайности зерна является достаточно сложной задачей из-за необходимости учитывать влияние множества факторов, которые необходимо учитывать при построении моделей. Современные используемые методы прогнозирования урожайности представлены следующими группами:

- космо-статистические;
- геостатистические;
- абстрактно-статистические;
- системно-статистические [2].

В последнее время для прогнозирования урожая часто стали использовать методы аэрокосмического зондирования. Период прогнозирования составляет от 4 до 6 месяцев до начала сезонной уборки урожая, и у пользователя появляется возможность получить представление о будущем урожае и скорректировать ранее имеющиеся прогнозы. К числу минусов данного метода прогнозирования относится короткий промежуток времени, который явно недостаточен для использования результатов прогнозирования при заключении долгосрочных контрактов и соглашений.

Актуальным направлением развития сельского хозяйства в последние годы становится масштабное применение цифровых технологий. Это касается не только внедрения инновационных технологий обработки и переработки зерна, но и использования современных методов машинной обработки данных (Machine Learning, Data Culture) для построения многомерных статистических и эконометрических моделей. Кроме того, экономический инструментарий дополняется и различными типами искусственных нейронных сетей для прогнозирования урожайности в сочетании с различными методами кодирования изображений полей. Учет нелинейных связей между признаками при

прогнозировании урожайности зерновых культур позволяет осуществить многослойная нейросетевая модель.

Для прогнозирования урожайности зерновых культур могут применяться такие нейросетевые модели, как многослойный перцептрон (MLP), свёрточная нейронная сеть (CNN) и модель смешанных данных. Несомненным преимуществом использования нейросетевых моделей является их большая гибкость по сравнению с традиционными эконометрическими инструментами, что позволяет оперативно проводить корректировку показателей при изменении условий. Однако напрямую их сравнивать нельзя, так как в алгоритме нейронных сетей отсутствует собственно функция правдоподобия.

Если же говорить о методической стороне вопроса, то не существует единого мнения о том, какая модель наилучшим образом позволяет спрогнозировать показатели производства зерна. Вместе с тем для логического завершения процедуры прогнозирования целесообразно использование сценариев.

Сценарный прогноз позволяет оценить конечную, генеральную цель с учетом последствий принятых управленческих решений и возможных рисков на основе трех альтернативных стратегий:

- пессимистической (развитие системы в неблагоприятной ситуации);
- наиболее вероятной (развитие системы с учетом противодействия наиболее вероятным неблагоприятным факторам и угрозам);
- оптимистической (развитие системы в наиболее благоприятных условиях).

С учетом вышеизложенного и на основе статистических данных урожайности зерновых в Ставропольском крае за 20 лет (с 2003 по 2022 г.) для каждого момента дискретного времени считаем возможным выделить 3 варианта состояния системы «Урожайность зерновых культур» исходя из интервального ряда распределения урожайности:

- состояние 1 – от 21,1 до 28,4 ц/га (включительно);
- состояние 2 – от 28,4 до 35,8 ц/га (включительно);
- состояние 3 – от 35,8 до 43,1 ц/га (включительно).

Для определения прогнозных значений урожайности зерновых культур считаем целесообразным использовать методический инструментарий, основанный на вероятностном подходе к оценке динамики развития различных явлений и процессов:

$$\bar{U} = \sum_{i=1}^m U_i \times P_i ; \quad (1)$$

$$P_i = \frac{n_i}{N}; \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m P_i = 1 ; \quad (3)$$

$$\delta = \sqrt{\sum_{i=1}^m (U_i - \bar{U})^2 \times P_i} , \quad (4)$$

где \bar{U} – среднее ожидаемое значение урожайности;

P_i – вероятность наступления i -го состояния системы урожайности зерновых культур;

i – вариант состояния системы урожайности ($i = 1, \dots, m$);

U_i – среднее значение урожайности зерновых культур по i -му состоянию системы;

δ – среднее квадратическое отклонение;

n_i – количество значений урожайности зерновых культур в рамках i -го состояния системы;

N – общее число наблюдений.

Следует отметить, что размеры посевных площадей зерновых культур в анализируемом регионе определяются колеблемостью долговременной тенденции развития и незначительным влиянием случайных факторов.

На основе использования метода аналитического выравнивания определены средняя и предельная ошибки линии тренда и рассчитаны доверительные границы прогнозных размеров посевных площадей зерновых в регионе.

Проведенное исследование позволяет заключить, что предельная ошибка выборки с вероятностью 95% составит ± 165 тыс. га при коэффициенте вариации, равном 7,15%. Перспективный размер посевных площадей зерновых культур во всех категориях хозяйств региона будет находиться в границах от 2148,5 до 2479,7 тыс. га. Рассчитанная относительная величина ошибки точности прогноза незначительна и позволяет сделать вывод о том, что полученные результаты статистически значимы.

Результаты расчетов (табл. 3) свидетельствуют о том, что при сохранении существующих тенденций развития, прогнозное значение валового сбора зерновых в Ставропольском крае в 2024–2025 гг. будет находиться в диапазоне от 70083,2 до 95404,1 тыс. т.

В ходе разработки сценария развития зерновой отрасли на случай непредвиденных ситуаций целесообразно предусматривать реализацию альтернативной (резервной) стратегии.

Таблица 3. Показатели производства зерна во всех категориях хозяйств в Ставропольском крае

Вариант развития	На основе фактических данных за 20 лет (2003–2022 гг.)		Прогноз 2024–2025 гг.	
	Вероятность реализации, %	Средний уровень урожайности, ц/га	Урожайность зерновых культур, ц/га	Валовый сбор зерновых культур, тыс. т
Пессимистический	15	24,7	29,1	70083,2
Наиболее вероятный	40	32,1	34,3	82743,7
Оптимистический	45	39,5	39,6	95404,1

Обобщая полученные результаты, следует отметить, что в условиях существующих рисков и появляющихся проблем результаты функционирования зернового комплекса региона во многом будут зависеть от проявления неблагоприятных явлений погоды в будущем. При этом, несмотря на существующие трудности, у сельхозпроизводителей Ставропольского края есть возможности не допустить существенного падения валового сбора зерновых культур и внести существенный вклад в обеспечение продовольственной безопасности страны.

Выводы

Проведенные исследования свидетельствуют, что при общей тенденции к увеличению роста производства зерновых культур в Ставропольском крае, достаточно велики колебания результативности хозяйственной деятельности по годам. Общая вариативность показателей производства зерновых культур на 46,7% обусловлена долговременной тенденцией развития, в то время как на 53,2% предопределяется воздействием случайных событий и неконтролируемых факторов.

Наибольшее влияние на производство зерна оказывают такие переменные, как зависимость условий и результатов деятельности аграриев от природных и метеорологических факторов территории, биологической природы используемых ресурсов и производимой продукции, что следует учитывать в процессе разработки альтернативных прогнозных сценариев развития отрасли.

Предложенный методический инструментарий для расчета показателей производства зерновых культур в рамках пессимистической, наиболее вероятной и оптимистической стратегии развития отрасли доведен до уровня рабочей методики и может представлять практический интерес для отдельных сельхозпроизводителей, а также использоваться в деятельности региональных органов власти.

На основе построенных прогнозов должны формироваться планы сельскохозяйственного производства исходя из обеспечения максимальной эффективности использования ограниченных производственных ресурсов. В конечном итоге сценарные варианты развития зерновой отрасли могут использоваться в процессе разработки и реализации стратегических планов развития АПК федерального и регионального значения с отражением выделенных бюджетных средств на реализацию государственных мер поддержки аграрного сектора экономики.

Список источников

1. Алтухов А.И. Стратегия развития зернопродуктового подкомплекса – основа разработки схемы размещения и специализации зернового производства в стране // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 5. С. 146–152.
2. Барышников Н.Г., Самыгин Д.Ю. Прогнозирование развития сельского хозяйства региона с использованием моделей продовольственной безопасности // Аудит и финансовый анализ. 2012. № 6. С. 336–340.
3. Верховцев А.А. Приоритетные направления стратегического развития рынка зерна // Международный сельскохозяйственный журнал. 2019. № 1(367). С. 56–58. DOI: 10.24411/2587-6740-2019-11015.
4. Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС) [Электронный источник] // Официальный сайт. Официальные статистические показатели. URL: <https://www.fedstat.ru/> (дата обращения: 20.01.2023).
5. Масалов В.Н., Березина Н.А., Червонова И.В. Состояние зернового хозяйства России, роль зерновых в кормлении сельскохозяйственных животных и питании человека // Вестник аграрной науки. 2021. № 2(89). С. 3–16. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.2.3.
6. Научно-методическое пособие по применению почвозащитной безотвальной обработки на территории Ставропольского края; под общей ред. проф. Е.И. Рябова. Ставрополь: Ставропольское книжное изд-во, 2002. 156 с.
7. Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации от 21 января 2020 г. № 20 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45106> (дата обращения: 20.01.2023).
8. Об утверждении Долгосрочной стратегии развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 10 августа 2019 г. № 1796-р (ред. от 13.10.2022) [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_310800/ (дата обращения: 20.01.2023).
9. Рябов Е.И. Влияние неблагоприятных погодных условий на урожай и земельные ресурсы Ставропольского края. Ставрополь: Ставропольское книжное изд-во, 2001. 275 с.
10. Самыгин Д.Ю., Барышников Н.Г. Модели прогнозирования стратегического развития сельского хозяйства // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2015. № 1(13). С. 81–86.
11. Справочно-информационный портал «Погода и климат» [Электронный источник] // Официальный сайт. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru> (дата обращения: 20.01.2023).
12. Управление Федеральной службы государственной статистики по Северо-Кавказскому федеральному округу (Северо-Кавказстат) [Электронный источник] // Официальный сайт. Статистика. URL: <https://26.rosstat.gov.ru> (дата обращения: 20.01.2023).
13. Федеральная служба государственной статистики (Росстат) [Электронный источник] // Официальный сайт. Статистика. URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 20.01.2023).

References

1. Altukhov A.I. Strategiya razvitiya zernoproduktovogo podkompleksa – osnova razrabotki skhemy razmeshcheniya i spetsializatsii zernovogo proizvodstva v strane [Strategy for the development of the grain producing subcomplex is the basis for the development of the scheme for the placement and specialization of grain production in the country]. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skokhozyajstvennoj akademii = Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2018;5:146-152. (In Russ.).
2. Baryshnikov N.G., Samygin D.Yu. Prognozirovaniye razvitiya sel'skogo khozyajstva regiona s ispol'zovaniem modelej prodovol'stvennoj bezopasnosti [Forecasting of development of agriculture of the region with the use of the models of food security]. *Audit i finansovyy analiz = Audit and financial analysis*. 2012;6:336-340. (In Russ.).
3. Verkhovtsev A.A. Prioritetnye napravleniya strategicheskogo razvitiya rynka zerna [Priority directions of strategic development of the market of grain]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyajstvennyi zhurnal = International Agricultural Journal*. 2019;1(367):56-58. DOI: 10.24411/2587-6740-2019-11015. (In Russ.).
4. Edinaya mezhvedomstvennaya informatsionno-statisticheskaya sistema (EMISS). Ofitsial'nyj sait. Ofitsial'nye statisticheskie pokazateli [Unified Interdepartmental Information and Statistical System (EMISS). Official website. Official statistical indicators]. URL: <https://www.fedstat.ru>. (In Russ.).
5. Masalov V.N., Berezina N.A., Chervonova I.V. Sostoyanie zernovogo khozyajstva Rossii, rol' zernovykh v kormlenii sel'skokhozyajstvennykh zhivotnykh i pitanii cheloveka [The state of the grain farming in Russia, the role of grain crops in the feeding of agricultural animals and human diet]. *Vestnik agrarnoi nauki = Bulletin of Agrarian Science*. 2021;2(89):3-16. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.2.3. (In Russ.).
6. Nauchno-metodicheskoe posobie po primeneniyu pochvozashchitnoj bezotval'noj obrabotki na territorii Stavropol'skogo kraja; pod obshchej red. prof. E.I. Ryabova [Scientific and methodological manual on the use of soil-protective nonmouldboard cultivation on the territory of Stavropol Krai: under the general editorship of prof. E.I. Ryabov]. Stavropol: Stavropol Knizhnoe Izd-vo; 2002. 159 p. (In Russ.).
7. Ob utverzhdenii Doktriny prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossijskoj Federatsii: Ukaz Prezidenta Rossijskoj Federatsii ot 21 yanvarya 2020 g. № 20 [On the 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: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45106>. (In Russ.).
8. Ob utverzhdenii Dolgosrochnoj strategii razvitiya zernovogo kompleksa Rossijskoj Federatsii do 2035 goda: Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossijskoj Federatsii ot 10 avgusta 2019 g. № 1796-r (red ot 13.10.2022) [On the approval of the Long-term Strategy for the Development of the Grain Complex of the Russian Federation until 2035: Decree of the Government of the Russian Federation of August 10, 2019 No. 1796-r (amended 13.10.2022)]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_310800/. (In Russ.).
9. Ryabov E.I. Vliyanie neblagopriyatnykh pogodnykh uslovij na urozhaj i zemel'nye resursy Stavropol'skogo kraja [The impact of unfavorable weather conditions on crop outcome and land resources of Stavropol Krai]. Stavropol: Stavropol Knizhnoe Izd-vo; 2001. 319 p. (In Russ.).
10. Samygin D.Yu., Baryshnikov N.G. Modeli prognozirovaniya strategicheskogo razvitiya sel'skogo khozyajstva [Models of forecasting of strategic development of agriculture]. *Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve = Models, systems, networks in economics, technology, nature and society*. 2015;1(13):81-86. (In Russ.).
11. Spravochno-informatsionnyj portal "Pogoda i klimat". Ofitsial'nyj sait [Referral and Information Portal "Weather and Climate". Official website]. URL: <https://http://www.pogodaiklimat.ru>. (In Russ.).
12. Upravlenie Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Severo-Kavkazskomu federal'nomu okragu (Severo-Kavkazstat). Ofitsial'nyi sait. Statistika [Department of the Federal State Statistics Service for the North Caucasus Federal District (Severo-Kavkazstat). Official website. Statistics]. URL: <https://26.rosstat.gov.ru>. (In Russ.).
13. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoi statistiki (Rosstat). Ofitsial'nyi sait. Statistika [Federal State Statistics Service (Rosstat). Official website. Statistics]. URL: <https://rosstat.gov.ru>. (In Russ.).

Информация об авторах

A.A. Тер-Григорьянц – доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры экономической безопасности и аудита ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», ann_ter@mail.ru.

E.A. Шелухина – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономической безопасности и аудита ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», sheluhina1319@yandex.ru.

Information about the authors

A.A. Ter-Grigor'yants, Doctor of Economic Sciences, Docent, Professor, the Dept. of Economic Security and Audit, North Caucasus Federal University, ann_ter@mail.ru.

E.A. Shelukhina, Candidate of Economic Sciences, Docent, Docent, the Dept. of Economic Security and Audit, North Caucasus Federal University, sheluhina1319@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 26.04.2023; одобрена после рецензирования 28.05.2023; принята к публикации 16.06.2023.

The article was submitted 26.04.2023; approved after reviewing 28.05.2023; accepted for publication 16.06.2023.

© Тер-Григорьянц А.А., Шелухина Е.А., 2023

5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА (ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 631.15:338.43.02

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_3_238

EDN: ISFRSP

Условия формирования и развития сельской инфраструктуры неурбанизированных территорий

Ирина Николаевна Меренкова^{1,2✉}

¹Научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-Черноземного района – филиал ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева», Воронеж, Россия

²Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,

Институт региональной экономики и межбюджетных отношений, Москва, Россия

¹upr-nii@yandex.ru✉

Аннотация. Развитие неурбанизированных территорий все больше привлекает внимание научной среды и общественности ввиду их стратегической значимости для страны, однако инфраструктурные ограничения являются основной проблемой сельского развития и влияют на качество жизни селян. Несмотря на обширный перечень работ, посвященных сельской проблематике, вопрос об условиях формирования и развития инфраструктуры на неурбанизированных территориях не решен, принимаемые управленческие решения зачастую неэффективны, а программно-целевое управление используется слабо и не повсеместно, поэтому для решения данной проблемы сначала был уточнен понятийно-категориальный аппарат изучаемых терминов. Обосновано, что неурбанизированные территории не совсем корректно рассматривать в отрыве от развития сельских территорий (поселений и населенных пунктов), однако в процессе эволюционного изменения и в увязке с нормативно-правовыми актами данная категория будет иметь определенные отличия в смысловой нагрузке от дефиниции «сельские территории». В рамках исследования проведена классификация неурбанизированных территорий по совокупности типологических оснований с выделением критериальных и конституирующих признаков. В настоящее время сформировалось множество трактовок определения «инфраструктура» в зависимости от содержания, функций, целевых задач и ее особенностей. Несмотря на такое многообразие, под инфраструктурой понимается совокупность сооружений, инженерных систем и социально-бытовых служб, необходимых для нормального функционирования хозяйственного комплекса села и обеспечения жизнедеятельности населения. В связи с тем, что инфраструктурное обеспечение неурбанизированных территорий во многом зависит от уровня социально-экономического развития сельских территорий, была проведена оценка на основе системы показателей, характеризующих финансово-экономические, социально-трудовые и социально-экономические условия формирования и развития инфраструктуры в сельских районах Липецкой области, и выявлены районы-лидеры (Липецкий, Лебедянский, Грязинский, Лев-Толстовский) и районы-аутсайдеры (Усманский, Добровский, Воловский). Итоги исследования представляют интерес для органов управления при разработке стратегий и программ социально-экономического развития муниципальных районов и поселений

Ключевые слова: неурбанизированные территории, сельские территории, классификационные признаки, сельская инфраструктура, балльная оценка, районы-лидеры, районы-аутсайдеры

Благодарности: статья подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет бюджетных средств по государственному заданию ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации» (ВТК-ГЗ-42-23).

Для цитирования: Меренкова И.Н. Условия формирования и развития сельской инфраструктуры неурбанизированных территорий // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 3(78). С. 238–250. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_238-250.

5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS (ECONOMIC SCIENCES)

Original article

Conditions for the formation and development of rural infrastructure of non-urbanized territories

Irina N. Merenkova^{1,2✉}

¹Research Institute of Economics and Organization of Agro-Industrial Complex of the Central Chernozem Region – Branch of Voronezh Federal Agricultural Scientific Centre named after V.V. Dokuchaev, Voronezh, Russia

²Financial University under the Government of the Russian Federation, Institute of Regional Economy and Interbudgetary Relations, Moscow, Russia

¹upr-nii@yandex.ru✉

Abstract. The development of non-urbanized territories is increasingly attracting the attention of scientific community due to their strategic importance for the country. However, restrictions of infrastructure are the main problem of rural development that affects the quality of life of the rural population. Despite the large number of works on rural issues, the issue of the conditions for the formation and development of infrastructure in non-urbanized territories has not been resolved. Current management decisions are often ineffective, and program-targeted management is utilized poorly and only locally. Therefore, in order to solve this problem the author has at first clarified the conceptual and categorical framework of the terms under study. It is justified that it is not entirely correct to consider non-urbanized territories in isolation from the development of rural territories (settlements and populated places). However, in the process of evolutionary change and in connection with regulatory legal acts, this category will have certain differences in the semantic load from the definition of "rural territories". As part of this study, the author has classified non-urbanized territories by the entirety of typological bases with the identification of criterial and constituent features. At present many interpretations of the definition of "infrastructure" have been formed depending on its content, functions, targets and peculiarities. Despite such diversity, infrastructure refers to a set of constructions, engineering systems and social services necessary for the normal functioning of rural economic complex and ensuring the life support of the population. Due to the fact that infrastructure support of non-urbanized territories largely depends on the level of social and economic development of rural territories, the author has made an assessment on the basis of a system of indicators characterizing the financial, economic, social-labor and social-economic conditions for the formation and development of infrastructure in rural districts of Lipetsk Oblast. This assessment resulted in identifying the leading districts (Lipetsky, Lebedyansky, Gryazinsky, and Lev-Tolstovsky) and outsider districts (Usmansky, Dobrovsky, and Volovsky). The results of research are of interest for the governing bodies in the development of strategies and programs for social and economic development of municipal districts and settlements.

Key words: non-urbanized territories, rural territories, classification features, rural infrastructure, scoring, leading districts, outsider districts

Acknowledgments: the paper was prepared for publication based on the results of research carried out at the expense of budgetary funds on the state assignment of the Financial University under the Government of the Russian Federation (VTK-GZ-42-23).

For citation: Merenkova I.N. Conditions for the formation and development of rural infrastructure of non-urbanized territories. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(3):238-250. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_238-250.

Социально-экономические преобразования экономики России привели к дифференциации не только на межрегиональном, но и на внутрирегиональном уровнях. Наиболее остро это проявляется на неурбанизированных территориях, составляющих большую часть России и выполняющих такие стратегически важные народнохозяйственные функции, как сохранение экологического баланса, обеспечение продовольственной безопасности страны, ресурсная поддержка отраслей экономики, создание условий для восстановления здоровья и отдыха населения.

Россия является высокоурбанизированной страной, 73,7% населения которой проживает в городах и поселках городского типа. Наряду с этим пространственная организация ее территорий, обусловленная масштабностью и большой протяженностью с запада на восток, приводит к серьезным перекосам в размещении. Так, с одной стороны, в России имеются высокоурбанизированные территории с городами-миллионниками, а с другой – обширные неурбанизированные территории, практически – все сельские, которые осваиваются с колоссальными издержками. Неравномерное размещение поселений и населенных пунктов детерминировано высокой степенью неоднородности экономических условий субъектов РФ, вследствие чего темпы развития сельской инфраструктуры в регионах отстают от темпов социально-экономических изменений, происходящих в стране, и являются препятствием для ее дальнейшего развития.

В Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года, принятой Правительством РФ 13 февраля 2019 г., заложены ключевые принципы и подходы к развитию территорий нашей страны. В данном документе определен понятийный аппарат стратегического планирования и основные направления пространственного развития территорий РФ. Выделенные понятия и их характеристики в большей степени ориентированы на формирование макрорегионов, различного рода агломераций, центров экономического роста и сельских территорий. Несмотря на то что в данном документе приоритетом является развитие крупных городских агломераций, в то же время важнейшими направлениями определены: содействие развитию межмуни-

ципальных центров на базе крупных сельских поселений, инфраструктурное обустройство и улучшение условий жизни населения сельских территорий. Последний термин расшифровывается в данном документе как «территория сельского поселения и межселенная территория» [11]. При этом в научном обороте понятие «сельское поселение» имеет достаточно четкое понимание, а межселенной территории должного внимания, как показала практика, не уделено. В действительности сельские поселения в большом объеме окружают земли, которые «градостроительная наука назвала «неурбанизированными», при том, что это определение в Градостроительном кодексе отсутствует. В нем есть термин «межселенные территории».

Согласно федеральному закону № 131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» «межселенные территории могут образовываться на территориях с низкой плотностью сельского населения, за исключением территорий в составе тех субъектов Российской Федерации или отдельных муниципальных районов, в которых плотность сельского населения более чем в три раза ниже средней плотности сельского населения в Российской Федерации» [7]. «На межселенных территориях все вопросы местного значения решаются органами местного самоуправления муниципального района, а все предусмотренные законодательством для местных бюджетов доходы поступают в бюджет муниципального района» [7].

Подобная постановка проблемы связана с тем, что понятие «неурбанизированные территории» введено в научный оборот недавно, вследствие чего его сущностные характеристики не получили достаточного развития и устоявшихся форм. В этой связи целесообразно определиться с понятийным аппаратом исследуемых терминов: неурбанизированные территории, сельские территории, инфраструктура неурбанизированных территорий.

Развернувшаяся в последнее время в научных и общественных кругах дискуссия по вопросам неурбанизированных территорий и проведенный содержательный анализ современных публикаций по данной проблематике показывают, что «до настоящего времени категориальный аппарат такого направления, как «неурбанизированные территории», не является окончательно сформированным и преимущественная роль в отечественных исследованиях отводилась изучению городских территорий – урбанизированных» [2].

С одной стороны, понятие «неурбанизированные территории», как и ряд более устойчивых определений, характеризующих пространственный аспект функционирования различных структур, не имеет точно определяемого институционального содержания, а с другой – оно имеет сильную корреляцию с понятиями «сельские территории», «внегородские территории», «периферийные территории» и др.

В ряде исследований [6, 12, 13] отмечается, что в научный оборот термин «неурбанизированные территории» был введен в 2012 г. на VIII Конференции ОЭСР «Инновации и модернизация экономики неурбанизированных территорий» (Россия, Красноярск). Зарубежными специалистами совместно с российскими учеными была разработана «новая парадигма» выработки стратегий (политик) развития неурбанизированных территорий и управления их реализацией – «The New Rural Paradigm. Policies and Governance (NRP)», которая по сути своей стала новым инструментом решения проблем применения методов анализа особенностей развития данных территорий. До этого момента в российской науке и практике использовались такие известные термины, как городские и сельские территории, сельские поселения и др.

При рассмотрении бэкграунда российской научной терминологии, характеризующей неурбанизированные территории, сложилась определенная исследовательская позиция. Так, по мнению Р.Н. Шевелевой, неурбанизированные территории следует рассматривать как «слабозаселенные земли с невысокой концентрацией производительных сил, преобладанием отраслей первичного сектора экономики, включающие населенные пункты и межселенные территории вне средних, больших и крупных городов» [13].

М.В. Муравьева, противопоставляя городу сельскую местность, рассматривает ее как «неурбанизированную территорию» [4], основными отличиями которой являются: адаптированность к природной среде, однотипность производства и преобладание сельскохозяйственных видов занятости, ограниченность доступных услуг и транспорта, частично централизованная инфраструктура, устойчивость сельских традиций и интровертный тип личности.

М.А. Николаев и М.Ю. Махотаева отмечают, что неурбанизированные территории, так же, как и сельские, «соединяют в себе важные человеческие, природные и производственные ресурсы, а также выполняют такие важные народнохозяйственные функции, как сохранение экологического баланса и историко-культурного наследия, обеспечение продовольственной безопасности, создание условий для восстановления здоровья и отдыха населения» [6].

Необходимо констатировать, что эти и другие авторы [1, 12] считают понятия «неурбанизированные территории» и «сельские территории» синонимами, и, по их мнению, они имеют такие схожие признаки, как «низкая плотность населения и производств различного типа, преобладание сельскохозяйственных видов занятости, профессиональная и социальная однородность населения, внешний природный ландшафт поселений» [14]. С этим нельзя полностью согласиться, поскольку данные понятия не могут быть взаимозаменяемыми терминами, так как они употребляются в научном обороте как самостоятельно существующие и имеют различные толкования.

В научных исследованиях, как правило, под сельскими территориями понимаются территории, которые заняты сельскими поселениями. «Значительная часть поселков городского типа, малых городов не обладают всеми признаками урбанизации и не могут быть в полной мере урбанизированными территориями» [13], что обуславливает отнесение их к числу неурбанизированных территорий. Из этого следует, что неурбанизированные территории включают в себя не только территории сельских поселений, но и межпоселенные территории, которые «охватывают население, землю и другие ресурсы открытого ландшафта и мелких поселений за пределами непосредственных экономических областей влияния крупных городских центров» [13].

Безусловно, рассмотрение неурбанизированных территорий в отрыве от развития сельских территорий (поселений и населенных пунктов) в настоящее время представляется нам методологически не совсем корректным. Однако можно резюмировать, что интерпретация определения «неурбанизированные территории» постоянно уточняется и в процессе эволюционного изменения категориально-терминологической сущности данного понятия в увязке с нормативно-правовыми актами будет иметь более четкие отличия в смысловой нагрузке от категории «сельские территории».

«Пространственная неоднородность неурбанизированных территорий непосредственно формируется на основе природно-ресурсных различий, с учетом внутрорегиональной и межрегиональной дифференциации инфраструктурного обустройства» [9]. В этом контексте при выравнивании пространственных диспропорций важно учитывать центр-периферийные отношения.

Согласно статистическим данным, приведенным Т.Г. Нефедовой, в «Нечерноземье разница плотности сельского населения от регионального центра к периферии в среднем восьмикратная, а в некоторых регионах – десятикратная. Измельчение сельских поселений, несмотря на проведенную административную сельскую «фурализацию», затрудняет их инфраструктурное обустройство» [5].

Подводя итог вышеизложенному, можно сделать вывод о сложности морфологического состава неурбанизированных территорий в зависимости от уровневой ориентации исследовательского фокуса и от неоднозначности трактовок (подходов) при определении их сущности. В рамках представленного исследования не будем углубляться в детальное рассмотрение неурбанизированных или сельских территорий, а будем придерживаться позиции, что изучение их внутрирегиональных особенностей невозможно без проведения классификации, которая, с одной стороны, обеспечит комплексное представление о неурбанизированных территориях, а с другой – может быть использована при разработке концептуальных подходов по совершенствованию управления инфраструктурой в рамках государственной и муниципальной политики. Это обуславливает формирование классификации неурбанизированных территорий по совокупности таких типологических признаков, как критериальные и конституирующие (рис. 1), что даст возможность провести легитимацию понятия «неурбанизированные территории» для целей формирования политики их устойчивого и пространственного развития.

Так, градация по административно-территориальному признаку показывает виды муниципальных образований, типы сельских поселений и их расселение (групповое, рассеянное). На этом основывается административная специфика управления неурбанизированными муниципальными образованиями. Классификация по видам специализации отражает сферу деятельности хозяйствующих субъектов и дает представление о их взаимодействии. С ней тесно связана типологизация по функциональному профилю, определяемая отраслевой конфигурацией экономики (моно-, би-, полифункциональные). Классификация по уровню социально-экономического развития и инфраструктурной обеспеченности дает возможность определить степень благоприятных условий для жизнедеятельности населения.

Следующий аспект организации неурбанизированных территорий – пространственный. В этом направлении комплекс классифицирующих признаков формируется на основе критериев пространственного взаимодействия с центром, расположения к нему, а также доступности территорий по параметру «расстояние – время», что отражает системные аспекты развития сельских территорий. Комплементарными являются критерии численности населения, его плотность, а также структуры расселения по людности и по размеру самих поселений (малые, средние, крупные). В вернакулярном разрезе выделяются: провинция, глубинка, окраина, анклав.

Комплексным классификационным основанием можно считать критериальные признаки – плотность населения, концентрация поселений, обеспеченность дорогами. К конституирующим (определяющим) признакам отнесем те, которые будут отражать специфику неурбанизированных территорий: неосвоенность, диспропорции в отношениях «центр-периферия», депопуляция, урбанизированная миграция, дотационность, низкая транспортная доступность, мелкодисперсный характер расселения, остаточный принцип финансирования сельской сферы и инфраструктуры.

Неурбанизированные территории привлекательны не только своими природными и экологически чистыми объектами, но определенными условиями социальной жизни, которые, с одной стороны, накладывают определенные ограничения на уровень качества инфраструктурного и сервисного обслуживания, а с другой – выступают так называемым «магнитом» рурбанизации (процесс распространения городских форм и условий жизни на сельскую местность), позволяющим организовать жизнедеятельность в соответствии с личностными интересами и ценностями. Предложенная классификация неурбанизированных территорий по совокупности классификационных признаков показала значимость инфраструктурного обеспечения в их социально-экономическом развитии.

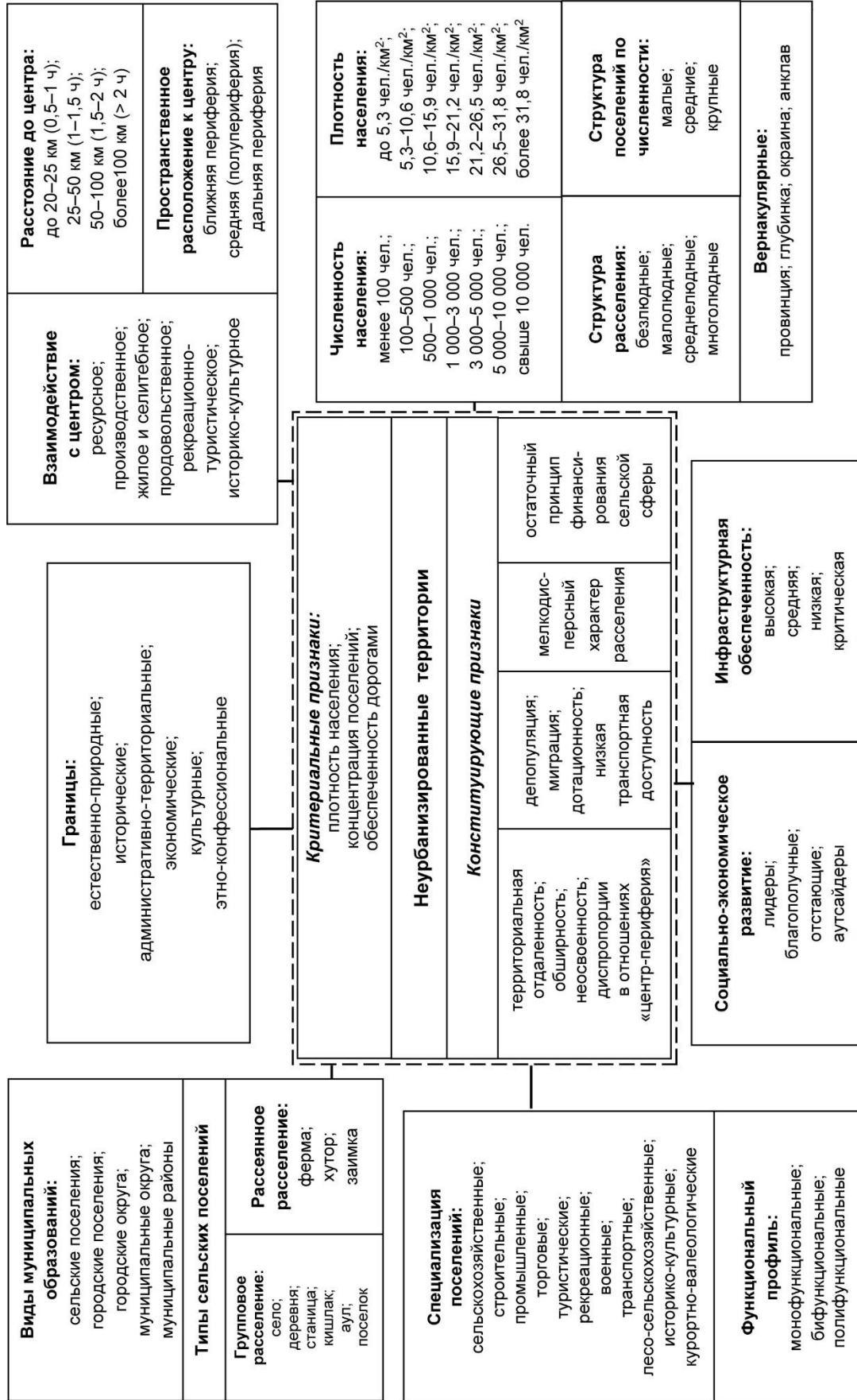


Рис. 1. Классификация неурбанизированных территорий в Российской Федерации

Источник: составлено автором.

Академик А.Н. Семин [8] считает, что для рурбанизации характерны ментальные, ценностные и культурологические факторы, формирующие паритетный уровень качества жизни вне города. В этих условиях в последнее время все большее внимание со стороны федеральных и региональных органов власти уделяется повышению качества жизни сельского населения, что, в свою очередь, в большей степени зависит от состояния развития инфраструктуры села, которая является неотъемлемой частью осуществляемых на данных территориях социально-экономических процессов.

Однако на протяжении длительного времени проблемы функционирования инфраструктуры неурбанизированных территорий не являлись предметом глубокого системного анализа, принимаемые управленческие решения зачастую были неэффективными, а программно-целевое управление использовалось органами власти фрагментарно и не повсеместно, поэтому одним из условий решения данной проблемы является понимание ее сущности.

Следует подчеркнуть, что в настоящее время сформировалось множество трактовок определения «инфраструктура» в зависимости от содержания, функций, целевых задач и характеризующих ее особенностей. Существование различных подходов к исследованию ее сущности свидетельствует о комплексности данной категории. Инфраструктуру неурбанизированных территорий можно представить в виде сложной системы, которая имеет определенные, свойственные ей характерные признаки, многообразие которых формирует свою специфику развития, а также взаимодействия между элементами инфраструктуры. Соотношение последних образует ее структуру и определяет функциональную направленность развития.

Несмотря на многообразие определений, в общем виде под инфраструктурой понимается совокупность производственных и социально-экономических условий, обеспечивающих развитие всех процессов на определенной территории. Для неурбанизированных территорий инфраструктура рассматривается как совокупность сооружений, инженерных систем и социально-бытовых служб, необходимых для нормального функционирования хозяйственного комплекса села и обеспечения повседневной жизни проживающего сельского населения.

Для удовлетворения интересов сельских жителей более востребована социальная и инженерная инфраструктура. Так, «инженерная инфраструктура неурбанизированных территорий – это совокупность инженерно-технических сетей, способствующих нормальному функционированию сельских территорий и обеспечивающих доставку сельским жителям ресурсов и их отвод (продуктов энергетики, газа, воды и сточных вод, информации и связи, дорог и др.), а социальная инфраструктура – это совокупность объектов организационных структур (предприятий, организаций, учреждений, сфер экономики), производящих экономические и общественные блага (в том числе услуги) для сельского населения и нацеленных на формирование качества жизни, соответствующей общественному и научно-техническому уровню, не связанных с реализацией производственной задачи, а способствующих функционированию сельских территорий» [4].

Таким образом, инфраструктурный комплекс неурбанизированных территорий выступает не только основой жизни и жизнедеятельности сельского населения, но и ключевым фактором обеспечения устойчивого развития всего народнохозяйственного комплекса России. В этом смысле правомерно утверждение о том, что функционирование инфраструктуры неурбанизированных территорий во многом зависит от социально-экономического развития сельских территорий, поэтому была проведена оценка через систему показателей, отражающих финансово-экономические, социально-трудовые и социально-экономические условия формирования и развития инфраструктуры сельских районов Липецкой области.

Алгоритм оценки включал следующие этапы:

- формирование информационной базы для анализа;
- отбор наиболее значимых показателей по группам и годам;
- присвоение баллов каждому району по всем показателям;
- подсчет суммарных баллов по каждой группе показателей по всем районам;
- расчет комплексного среднего балла и ранжирование районов.

Вначале для проведения исследования были отобраны статистические показатели, характеризующие условия формирования и развития инфраструктуры в сельских районах Липецкой области за 2018–2020 гг. [3]. При этом следует отметить, что определенная ограниченность ресурсов официальной статистики не позволила сформировать полный перечень достоверных индикаторов, однако даже такой набор показателей позволяет в определенной мере судить об уровне сельского развития.

Выбранная совокупность показателей, характеризующих условия формирования и развития инфраструктуры в муниципальных районах Липецкой области, разделены на три группы:

- финансово-экономические;
- социально-трудовые;
- социально-экономические.

Финансово-экономические условия влияют на наличие различного вида капитала у всех субъектов экономических отношений, производство товаров и услуг, а также отражают движение денежных средств в торговом обороте и обороте основных средств. Обычно финансово-экономические условия включают в себя предложение и разнообразие товаров и услуг, а также спрос на них, объемы денежных средств, которые могут быть потрачены на предложенные товары и услуги.

На основании имеющихся в открытом доступе статистических данных для оценки финансово-экономических условий были определены следующие показатели в расчете на 1 сельского жителя в тыс. руб. за три исследуемых года:

- наличие основных фондов, являющихся основой экономического производства в любой сфере деятельности;
- продукция сельского хозяйства, гарантирующая продовольственную безопасность страны;
- оборот розничной торговли продовольственными товарами, показывающий покупательскую способность населения;
- инвестиции в основной капитал, обеспечивающие его обновление.

Как показывают результаты проведенного исследования за 2018–2020 гг., стоимость основных фондов на 1 сельского жителя возросла почти во всех сельских районах в среднем на 50,5%, или 194,0 тыс. руб./чел., исключение составляет Краснинский район, в котором этот показатель снизился на 5,1%, или 28,8 тыс. руб./чел.

Объем производства сельскохозяйственной продукции в расчете на 1 сельского жителя возрос во всех районах Липецкой области в интервале от 19,3 до 87,4%, или на 43,4–194,0 тыс. руб./чел.

Оборот розничной торговли продовольственными товарами на 1 сельского жителя вырос почти по всем муниципальным образованиям на 15,0–23,6%, или 8,3–16,3 тыс. руб./чел., выделяется только Грязинский район, в котором этот показатель упал на 45,7%, или 11,3 тыс. руб./чел.

Инвестиции в основной капитал на 1 сельского жителя увеличились в 10 сельских районах (55,6% от всех муниципальных образований) в среднем на 127,3%, или 56,9 тыс. руб./чел., причем в Елецком районе произошел рост данного показателя в 9 раз. В остальных 8 районах Липецкой области величина инвестиций на 1 человека снизилась в интервале 9,9–47,0%, или от 2,2 до 100,5 тыс. руб./чел.

Социально-трудовые условия формирования и развития инфраструктуры представляют собой обеспеченность территории трудовыми ресурсами и их официальное трудоустройство. Ориентируясь на имеющиеся в открытом доступе статистические данные, для оценки социально-трудовых условий были рассчитаны такие показатели, как:

- естественный прирост на 1000 чел., демонстрирующий сформированность благоприятных условий для воспроизводства населения;
- доля населения трудоспособного возраста, показывающая максимально возможную занятость населения в сельской экономике для реализации своих трудовых навыков;
- доля среднесписочной численности работников в численности трудоспособного населения, характеризующая уровень официальной занятости населения на сельских территориях;
- доля населения моложе трудоспособного возраста, отражающая возможность закрепления будущих трудовых ресурсов на селе.

Как показал анализ данных за 2018–2020 гг., во всех муниципальных районах Липецкой области произошла естественная убыль сельского населения в расчете на 1000 чел. в интервале 1,0–4,8 промилле.

Доля населения трудоспособного возраста увеличилась во всех муниципальных районах Липецкой области на 0,4–1,1%.

В то же время доля среднесписочной численности работников в численности трудоспособного населения Липецкой области выросла только в 10 сельских районах (55,6% от числа всех районов области) в промежутке 0,1–9,0% и уменьшилась в 8 районах области на 0,1–6,8%.

В 12 сельских районах (66,7% от числа всех районов области) доля населения моложе трудоспособного возраста снизилась в среднем на 0,1–0,8%, в 5 сельских районах (27,8% от числа всех районов) выросла на 0,1–0,4%, а в одном районе (Чаплыгинском) осталась неизменной.

К социально-экономическим условиям относится прежде всего вся совокупность производственных отношений субъектов, в том числе отношений собственности на средства производства, обмена деятельностью и распределения материальных благ, а также условия труда, быта, здоровья и досуга.

Для оценки социально-экономических условий были проанализированы имеющиеся в открытом доступе статистические данные и выбраны следующие статистические показатели:

- средняя заработная плата, отражающая способность населения удовлетворять свои потребности в товарах и услугах;
- средний размер пенсии, определяющий минимальный уровень стабильного дохода на селе;
- сумма начисленных субсидий на 1 семью, представляющая собой социальную поддержку населения со стороны органов власти;
- сальдированный финансовый результат, являющийся косвенным показателем наполняемости местного бюджета.

Проведенный анализ показал, что за 2018–2020 гг. заработная плата во всех муниципальных районах выросла на 12,9–25,3%, или 4098–7203 руб. Средний размер пенсии увеличился во всех муниципальных районах на 12,3%, или 1563 руб. Сумма начисленных субсидий на 1 семью возросла во всех сельских районах области на 13,9–39,4%, или 1,5–4,7 тыс. руб.

Такой показатель, как сальдированный финансовый результат на 1 сельского жителя вырос в 14 муниципальных районах (77,8% от числа всех районов Липецкой области) в пределах от 2,8 до 97,8 тыс. руб./чел., в двух районах (Долгоруковском и

Лев-Толстовском) снизился соответственно на 84,6 и 4,8%, или 29,1 и 3,7 тыс. руб./чел., и еще в двух районах (Воловском и Хлевенском) принял отрицательное значение (по –0,2 тыс. руб./чел.).

Таким образом, в процессе оценки за исследуемый период в 18 муниципальных районах Липецкой области выявлены как положительные, так и отрицательные тенденции. Среди позитивных тенденций в среднем по районам отметим:

- рост производства сельскохозяйственной продукции на 1 сельского жителя на 42,6%, а также увеличение доли трудоспособного населения на 0,7% (18 районов);

- повышение стоимости основных фондов на 1 сельского жителя на 50,5%, а также оборота розничной торговли продовольственными товарами на 1 сельского жителя – на 19,1% (17 районов);

- рост среднемесячной заработной платы работников на 18,3%, увеличение суммы начисленных субсидий на 1 семью на 23,4% и размера средней пенсии на 12,3% (18 районов);

- увеличение сальдированного финансового результата организаций и предприятий на 98,7% (14 районов);

- увеличение инвестиций в основной капитал на 127,3% на 1 сельского жителя (10 районов).

Среди негативных тенденций по районам в среднем выделим:

- естественную убыль сельского населения на 3,2 промилле (18 районов);

- снижение доли населения моложе трудоспособного возраста на 0,3% (12 районов);

- уменьшение размера инвестиций в основной капитал на 1 сельского жителя на 26,6% (8 районов);

- снижение доли среднесписочной численности работников в численности трудоспособного населения на 2,0% (8 районов).

Такие разнонаправленные тенденции социально-экономического развития сельских территорий свидетельствуют о том, что условия формирования и развития инфраструктуры как целостной системы зависят от эффективного использования внутренних и привлекаемых извне ресурсов (материальных, природных, трудовых) в целях удовлетворения сложившейся и развивающейся на селе общественной структуры потребностей, достижения экономической эффективности и роста основных показателей сельской экономики.

На следующем этапе была проведена балльная оценка. Каждому району по всем показателям были присвоены баллы, которые суммировались за трехлетний период. Присвоение баллов происходило по возрастанию величины показателя (чем выше показатель – тем больше балл), при этом учитывались показатели с обратной зависимостью (чем ниже показатель – тем больше балл). Максимально возможная сумма баллов района за три года по каждому показателю – 54, минимальная – 3. Затем по каждому району Липецкой области по всем группам показателей были рассчитаны суммарные баллы. Максимально возможная сумма баллов по району – 216, минимальная – 12.

По *финансово-экономическим условиям* первые места в регионе занимают Лебедянский, Данковский и Лев-Толстовский районы, сумма баллов соответственно – 202, 163 и 161, последние места принадлежат Хлевенскому, Воловскому и Измалковскому районам с суммой баллов соответственно 72, 69 и 61.

По *социально-трудовым условиям* среди всех районов Липецкой области лидируют Лебедянский, Лев-Толстовский и Тербунский районы с суммой баллов соответственно 158, 142 и по 141, в аутсайдерах находятся Воловский, Добровский и Хлевенский районы – 78, 52 и 53 балла.

По социально-экономическим условиям среди всех районов области впереди находятся Чаплыгинский, Становлянский и Краснинский районы – 178, 154 и по 134 балла, на последних местах – Усманский, Добринский и Данковский районы – 78, 52 и 53 балла.

После определения балльной оценки были рассчитаны средние баллы районов, на основе которых был составлен рейтинг муниципальных районов Липецкой области по условиям формирования и развития сельской инфраструктуры, наглядно представленный на рисунке 2.

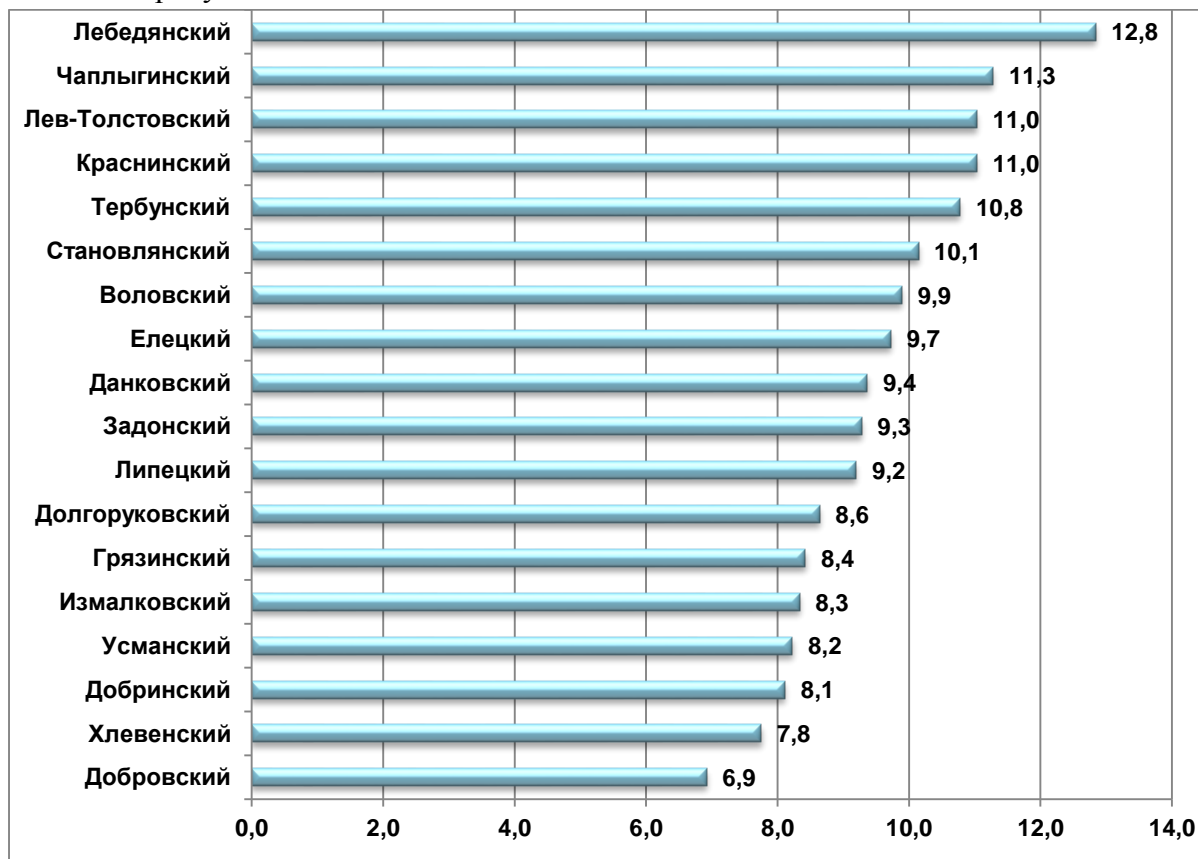


Рис. 2. Рейтинг сельских районов Липецкой области по формированию и развитию инфраструктуры муниципальных образований

Источник: составлено автором.

Как следует из представленных данных, лидирующие места занимают Лебедянский (12,8 балла), Чаплыгинский (11,3 балла), Лев-Толстовский (11,0 балла) и Краснинский (11,0 балла) районы. Такое положение объясняется следующими факторами:

- районы-лидеры обладают развитым промышленным, перерабатывающим и сельскохозяйственным производством;
- на их территориях функционируют крупные предпринимательские аграрные структуры (СПССПК «Кузминки-молоко», СПССПК «ЭкоПтица», ООО «Черкизово-Свиноводство», ООО «Лебедянский» и др.);
- созданы особые экономические зоны федерального и регионального значения «Липецк» и «Астапово»;
- имеются туристско-рекреационные ресурсы.

Районы-аутсайдеры в основном характеризуются углубленной сельскохозяйственной специализацией, работой небольших объектов пищевой перерабатывающей промышленности, добычей полезных ископаемых, проведением лесозаготовок и наличием небольшого ряда памятников культуры.

Таким образом, сложившаяся в настоящее время ситуация на неурбанизированных территориях в целом свидетельствует о том, что комплекс проблем сельского развития еще не решен и пока остается многофакторным. Однако предпринимаемые меры на государственном, региональном и муниципальных уровнях подтверждают перспективность и стратегическую значимость данного направления.

Со стороны государства просматривается сдвигаемый акцент в сторону выравнивания уровня качества жизни населения на сельских территориях и возрождения села в целом, что подтверждает актуальность и значимость дальнейших научных исследований такой многогранной и многоаспектной проблемы развития страны, как неурбанизированные территории и выработки необходимых системных мер для полноценного функционирования сельской инфраструктуры.

Список источников

1. Жирнель Е.В., Кулакова Л.М. Устойчивое развитие и модернизация экономики сельских территорий России // Труды Карельского научного центра РАН. 2015. № 3. С. 35–44. DOI: 10.17076/reg82i.
2. Казаков М.Ю. Семантическая демаркация пространственно-экономической категории «периферия» от смежных вернакулярных и типологических понятий // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология. 2018. Т. 20, № 4. С. 6–14. DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu3.2018.4.1>.
3. Муниципальные образования Липецкой области. 2020: Статистический сборник. Липецк: Липецкстат, 2021. 282 с.
4. Муравьева М.В. Социально-экономическое развитие сельских территорий на основе мотивационного механизма: дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05. Саратов, 2022. 430 с.
5. Нефедова Т.Г. Пространственные контрасты сельской местности // Отечественные записки. 2012. № 6(51). С. 21–40.
6. Николаев М.А., Махотаева М.Ю. Факторы устойчивого развития неурбанизированных территорий // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2021. Т. 14, № 6. С. 53–66. DOI: 10.18721/JE.14604.
7. Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации: Федеральный Закон от 06.10.2003 № 131 [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_44571/ (дата обращения: 20.03.2023).
8. Тульчинский Г.Л. Развитие неурбанизированных территорий: Инновации и социальное партнерство (Россия входит в ОЭСР неурбанизированными территориями) // Россия: тенденции и перспективы развития. Ежегодник. Вып. 8. Москва: ИНИОН РАН, 2013. Ч. 2. С. 701–711.
9. Сёмин А.Н. Рурбанизация и рурализация как факторы успешного развития неурбанизированных территорий России // Вестник Национального института бизнеса. 2022. № 1(45). С. 20–24.
10. Стомба Е.В. Стратегия устойчивого развития сельских территорий региона: на материалах Черноземной зоны Республики Башкортостан: дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05. Уфа, 2021. 427 с.
11. Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 13 февраля 2019 г. № 207-р [Электронный ресурс]. URL: https://www.economy.gov.ru/material/directions/regionalnoe_razvitie/strategicheskoe_planirovanie_prostranstvennogo_razvitiya/strategiya_prostranstvennogo_razvitiya_rossiyskoy_federacii_na_period_do_2025_goda/ (дата обращения: 18.03.2023).
12. Цветных А.В., Шевцова Н.В. Устойчивое развитие сельских территорий: сущность, факторы и критерии // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2020. № 2(81). С. 280–288. DOI: 10.21295/2223-5639-2020-2-280-288.
13. Шевелева Р.Н. Понятие и признаки неурбанизированных территорий // Молодой ученый. 2015. № 8(88). С. 696–698.
14. Яценко А.Ю. Инновации как условие модернизации экономики неурбанизированных территорий Приволжского федерального округа // Инновации. 2014. № 3. С. 117–120.

References

1. Zhirnel E.V., Kulakova L.M. Ustojchivoe razvitie i modernizatsiya ekonomiki sel'skikh territorij Rossii [Sustainable development and modernization of the economy Russian rural areas]. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences*. 2015;3:35-44. DOI: 10.17076/reg82i. (In Russ.).
2. Kazakov M.Yu. Semanticheskaya demarkatsiya prostranstvenno-ekonomicheskoy kategorii "periferiya" ot smezhnykh vernakulyarnykh i tipologicheskikh ponyatij [Semantic demarcation of the spatial and economic category "periphery" from adjacent vernacular and typological concepts]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 3: Ekonomika. Ekologiya = Science Journal of Volgograd State University. Global Economic System*. 2018;20(4):6-14. DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu3.2018.4.1>. (In Russ.).

3. Munitsipal'nye obrazovaniya Lipetskoj oblasti. 2020: Statisticheskij sbornik [Municipalities of Lipetsk Oblast: Statistical Handbook. 2020. Official Publication]. Lipetsk: Lipetskstat; 2021. 282 p. (In Russ.).
4. Muravieva M.V. Sotsial'no-ekonomicheskoe razvitie sel'skikh territorij na osnove motivatsionnogo mekhanizma [Socio-economic development of rural areas on the basis of a motivational mechanism]: dissertatsiya ... doktora ekonomicheskikh nauk = Doctoral Dissertation in Economic Sciences: 08.00.05. Saratov; 2022. 430 p. (In Russ.).
5. Nefedova T.G. Prostranstvennye kontrasty sel'skoj mestnosti [Spatial contrasts of rural areas]. *Otechestvennye Zapiski = Domestic notes*. 2012;6:21-40. (In Russ.).
6. Nikolaev M.A., Makhotaeva M.Yu. Faktory ustojchivogo razvitiya neurbanizirovannykh territorij [Factors of sustainable development of non-urbanized territories]. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU. Ekonomicheskie nauki = St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*. 2021;14(6):53-66. DOI: 10.18721/JE.14604. (In Russ.).
7. Ob obshchikh printsipakh organizatsii mestnogo samoupravleniya v Rossijskoj Federatsii: Federal'nyj Zakon ot 06.10.2003 № 131 (red. ot 20.03.2023) [Concerning General Principles of Organization of Local Self-Government in the Russian Federation: Federal Law No. 131 of 06.10.2003 (as amended on 20.03.2023)]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_44571/. (In Russ.).
8. Tulchinsky G.L. Razvitie neurbanizirovannykh territorij: Innovatsii i sotsial'noe partnerstvo (Rossiya vkhodit v OESR neurbanizirovannyimi territoriyami) [Development of non-urbanized territories: Innovation and social partnership (Russia is part of the OECD non-urbanized territories)]. *Trends and Prospects for Development in Russia. Yearbook*. No. 8. Moscow: INION RAS; 2013. Part 2. Pp. 701-711. (In Russ.).
9. Semin A.N. Rurbanizatsiya i ruralizatsiya kak faktory uspehnogo razvitiya neurbanizirovannykh territorij Rossii [Rurbanization and ruralization as a factor in the successful development of non-urbanized territories in Russia]. *Vestnik Natsional'nogo Instituta Biznesa = Bulletin of the National Institute of Business*. 2022;1(45):20-24. (In Russ.).
10. Stovba E.V. Strategiya ustojchivogo razvitiya sel'skikh territorij regiona: na materialakh Nechernozemnoj zony Respubliki Bashkortostan [Strategy for sustainable development of rural areas of the region: based on publications on the Non-Black Soil Zone of the Republic of Bashkortostan]: dissertatsiya ... doktora ekonomicheskikh nauk = Doctoral Dissertation in Economic Sciences: 08.00.05. Ufa; 2022. 427 p. (In Russ.).
11. Strategiya prostranstvennogo razvitiya Rossijskoj Federatsii na period do 2025 goda: Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossijskoj Federatsii ot 13.02.2019 № 207-p (red. ot 18.03.2023) [Strategy for Spatial Development of the Russian Federation until 2025: Decree of the Government of the Russian Federation No. 207-p of 13.02.2019 (as amended on 18.03.2023)]. URL: https://www.economy.gov.ru/material/direkcii/regionalnoe_razvitie/strategicheskoe_planirovanie_prostranstvennogo_razvitiya/strategiya_prostranstvennogo_razvitiya_rossiyskoj_federacii_na_period_do_2025_goda/. (In Russ.).
12. Tsvetitsykh A.V., Shevtsova N.V. Ustojchivoe razvitie sel'skikh territorij: sushchnost', faktory i kriterii [Sustainable development of rural territories: essence, factors and criteria]. *Vestnik Belgorodskogo universiteta kooperatsii, ekonomiki i prava = Herald of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law*. 2020;2(81):280-288. DOI: 10.21295/2223-5639-2020-2-280-288. (In Russ.).
13. Sheveleva R.N. Ponyatie i priznaki neurbanizirovannykh territorij [Concept and signs of non-urbanized territories]. *Molodoj uchenyj = Young Scientist*. 2015;8:696-698. (In Russ.).
14. Yatsenko A.Yu. Innovatsii kak uslovie modernizatsii ekonomiki neurbanizirovannykh territorij Privolzhskogo federal'nogo okruga [Innovation as a condition for the modernization of the economy of non-urbanized territories of the Volga Federal District]. *Innovatsii = Innovations*. 2014;3:117-120. (In Russ.).

Информация об авторе

И.Н. Меренкова – доктор экономических наук, профессор, зав. отделом управления АПК и сельскими территориями Научно-исследовательского института экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-Черноземного района – филиала ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева»; ведущий научный сотрудник Института региональной экономики и межбюджетных отношений ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», upr-nii@yandex.ru.

Information about the author

I.N. Merenkova, Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the Department of Administration of the AIC and Rural Territories, Research Institute of Economics and Organization of Agro-Industrial Complex of the Central Chernozem Region – Branch of Voronezh Federal Agricultural Scientific Centre named after V.V. Dokuchaev; Leading Research Scientist, Institute of Regional Economy and Interbudgetary Relations of the Financial University under the Government of the Russian Federation, upr-nii@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 10.05.2023; одобрена после рецензирования 15.06.2023; принята к публикации 24.06.2023.

The article was submitted 10.05.2023; approved after reviewing 15.06.2023; accepted for publication 24.06.2023.

© Меренкова И.Н., 2023

5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА
(ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 311, 519.237.5, 631.11, 004.8

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_3_251

EDN: ITNCVJ

**Моделирование уровня производства сельскохозяйственной
продукции в крестьянских (фермерских) хозяйствах
методами эконометрики и машинного обучения**

**Анна Владимировна Уколова¹, Баярма Шагдаровна Дашиева^{2✉},
Денис Витальевич Быков³, Александр Евгеньевич Ульянов⁴,
Дмитрий Эдуардович Храмов⁵**

^{1, 2, 3, 4, 5}Российский государственный аграрный университет –

МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

²dashieva.b.sh@rgau-msha.ru[✉]

Аннотация. В рамках Государственной программы развития сельского хозяйства ... государство предоставляет ряд мер поддержки К(Ф)Х в целях стимулирования их развития. Несмотря на это, К(Ф)Х сталкиваются с рядом проблем, поэтому проведение статистического анализа результатов их деятельности является важным инструментом при разработке мер повышения эффективности хозяйствования. Представлены результаты эконометрического моделирования уровня производства продукции сельского хозяйства в крестьянских (фермерских) хозяйствах Липецкой области. Построены три модели парной регрессии, характеризующие зависимость уровня доходов от реализации продукции сельского хозяйства в расчете на единицу площади от обеспеченности работниками и сельскохозяйственной техникой, а также урожайности зерновых и зернобобовых культур от затрат на минеральные удобрения. Оценка параметров моделей производилась классическим методом наименьших квадратов (МНК), взвешенным методом наименьших квадратов (ВМНК), а также методами машинного обучения. Параметры моделей статистически значимы, и они могут быть использованы для прогнозирования и определения резервов роста. Первая модель характеризуется более тесной связью между переменными, при этом у половины К(Ф)Х имеются резервы роста доходов от реализации сельскохозяйственной продукции при фиксированном уровне обеспеченности работниками. По третьей модели получен положительный коэффициент полной регрессии, показывающий прирост урожайности на 0,6 ц/га при увеличении затрат на 1 тыс. руб. в расчете на 1 га посевной площади. С точки зрения качества аппроксимации, МНК сравнивался с многослойным перцептроном (MLP), методом k ближайших соседей (KNN), по которым не был получен существенно отличающийся коэффициент детерминации, и методом градиентного бустинга (GB), позволившего получить наибольший R^2 . Моделью градиентного бустинга с фактором затрат на минеральные удобрения и средства защиты растений в расчете на единицу посевной площади объясняется 66,9% вариации урожайности зерновых и зернобобовых культур.

Ключевые слова: сельское хозяйство, крестьянское (фермерское) хозяйство, уровень производства продукции, корреляционно-регрессионный анализ, метод наименьших квадратов, взвешенный метод наименьших квадратов, методы машинного обучения

Для цитирования: Уколова А.В., Дашиева Б.Ш., Быков Д.В., Ульянов А.Е., Храмов Д.Э. Моделирование уровня производства продукции сельского хозяйства в крестьянских (фермерских) хозяйствах методами эконометрики и машинного обучения // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 3(78). С. 251–262. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_251-262.

5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS
(ECONOMIC SCIENCES)

Original article

**Modeling the level of agricultural production in peasant (farm)
households using econometrics and Machine Learning Methods**

**Anna V. Ukolova¹, Bayarma Sh. Dashieva^{2✉},
Aleksandr E. Ulianckin³, Denis V. Bykov⁴,
Dmitriy E. Khramov⁵**

^{1, 2, 3, 4, 5}Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, Russia

²dashieva.b.sh@rgau-msha.ru[✉]

Abstract. Within the framework of the State Program for the Development of Agriculture the State provides a number of support measures for peasant (farm) households (PFH) in order to stimulate their development. Despite this, PFHs face a number of problems. Therefore, statistical analysis of results of their activities is an important tool in the development of measures for improving the efficiency of management. The authors present the results of econometric modeling of the level of agricultural production in peasant (farm) households of Lipetsk Oblast. Three paired regression models were built characterizing the dependence of the level of income obtained by selling agricultural products per unit area from the availability of human resources and agricultural machinery, as well as the dependence of yield of grain and leguminous crops from the cost of mineral fertilizers. The parameters of models were estimated by the classical ordinary least squares method (OLS), weighted ordinary least squares method (WLS), and Machine Learning Methods. The parameters of models are statistically significant and can be used to predict and determine the growth reserves. The first model is characterized by a closer relationship between the variables, and half of the assessed PFHs have reserves for the growth of income from selling agricultural products at a fixed level of human resource availability. The third model gave a positive coefficient of full regression showing an increase in yield by 0.6 c/ha with an increase in costs by 1 thousand rubles per 1 hectare of sown area. In terms of quality of approximation, the OLS was compared with a multilayer perceptron (MLP) using the method of k -nearest neighbors (KNN) that did not provide a significantly different coefficient of determination, and the gradient boosting (GB) method, which allowed obtaining the largest R^2 . The gradient boosting model with the factor of cost of mineral fertilizers and plant protection products per unit of sown area explains the 66.9% of variation in the yield of grain and leguminous crops.

Key words: agriculture, peasant (farm) households, level of agricultural production, correlation-regression analysis, ordinary least squares method, weighted least squares method, Machine Learning Methods

For citation: Ukolova A.V., Dashieva B.Sh., Bykov D.V., Ulianckin A.E., Khramov D.E. Modeling the level of agricultural production in peasant (farm) households using econometrics and Machine Learning Methods. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(3):251-262. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_251-262.

Аграрно-экономические реформы, проводимые в России в конце XX в., заложили основы многоукладной экономики в современном ее проявлении, позволили частично осуществить ряд земельных преобразований, принципиально изменить организационно-правовые формы большей части сельхозпроизводителей. К настоящему времени сформировалась аграрная структура, в которую вошли как представители крупного бизнеса, так и малые, и средние предпринимательские агроструктуры.

Официальная статистика выделяет в аграрном секторе российской экономики три категории хозяйств:

- 1) сельскохозяйственные предприятия;
- 2) крестьянские (фермерские) хозяйства;
- 3) хозяйства населения.

Крестьянское (фермерское) хозяйство как форма хозяйствования представляет собой объединение граждан, связанных родством и (или) свойством, имеющих в общей собственности имущество и лично участвующих в сельскохозяйственном производстве и деятельности, связанной с ним [2]. Удельный вес К(Ф)Х в структуре продукции сельского хозяйства Российской Федерации увеличился с 1% в 1992 г. до 16% в 2022 г., что свидетельствует об увеличении их значимости как представителей малого бизнеса в сельском хозяйстве в обеспечении продовольственной безопасности, создании новых рабочих мест, сохранении сельского образа жизни и развитии сельских территорий.

В рамках Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия [4] государство предоставляет ряд мер поддержки К(Ф)Х в целях стимулирования их развития [7]. Несмотря на это, К(Ф)Х сталкиваются с рядом проблем, таких как нехватка финансовых ресурсов, недостаточное знание современных технологий и методов управления, низкая эффективность производства и др. Поэтому проведение статистического анализа результатов деятельности К(Ф)Х является важным инструментом при разработке мер повышения эффективности их хозяйствования. С учетом имеющихся данных эффективность деятельности К(Ф)Х предлагается оценивать показателями уровня производства продукции сельского хозяйства в расчете на единицу площади и уровня продуктивности сельскохозяйственных культур и животных.

Целью представленного исследования являлось построение эконометрических моделей уровня производства продукции сельского хозяйства в крестьянских (фермерских) хозяйствах.

Для достижения поставленной цели в круг задач были включены следующие:

- анализ исходной совокупности К(Ф)Х, исключение нулевых показателей и наблюдений, устранение выбросов;
- расчет относительных показателей, характеризующих уровень производства продукции сельского хозяйства К(Ф)Х;
- эконометрическое нейросетевое моделирование уровня производства продукции сельского хозяйства К(Ф)Х;
- анализ и интерпретация результатов по построенным моделям.

Информационной базой исследования служили данные формы отчетности «Информация о производственной деятельности глав крестьянских (фермерских) хозяйств – индивидуальных предпринимателей за 2021 год» (далее – форма № 1-КФХ), которая представляется в Министерство сельского хозяйства Российской Федерации крестьянскими (фермерскими) хозяйствами, получающими субсидии из бюджета [3].

Для исследования была выбрана Липецкая область, занимающая 7-е место из 18 регионов Центрального федерального округа по числу К(Ф)Х по данным микропереписи 2021 г. и 8-е место в 2021 г. по доле валовой добавленной стоимости (ВДС) сельского, лесного хозяйства, охоты, рыболовства и рыбоводства в валовом региональном продукте (ВРП), по последнему показателю регион находится на 32-м месте среди всех субъектов Российской Федерации (рис. 1) [1].

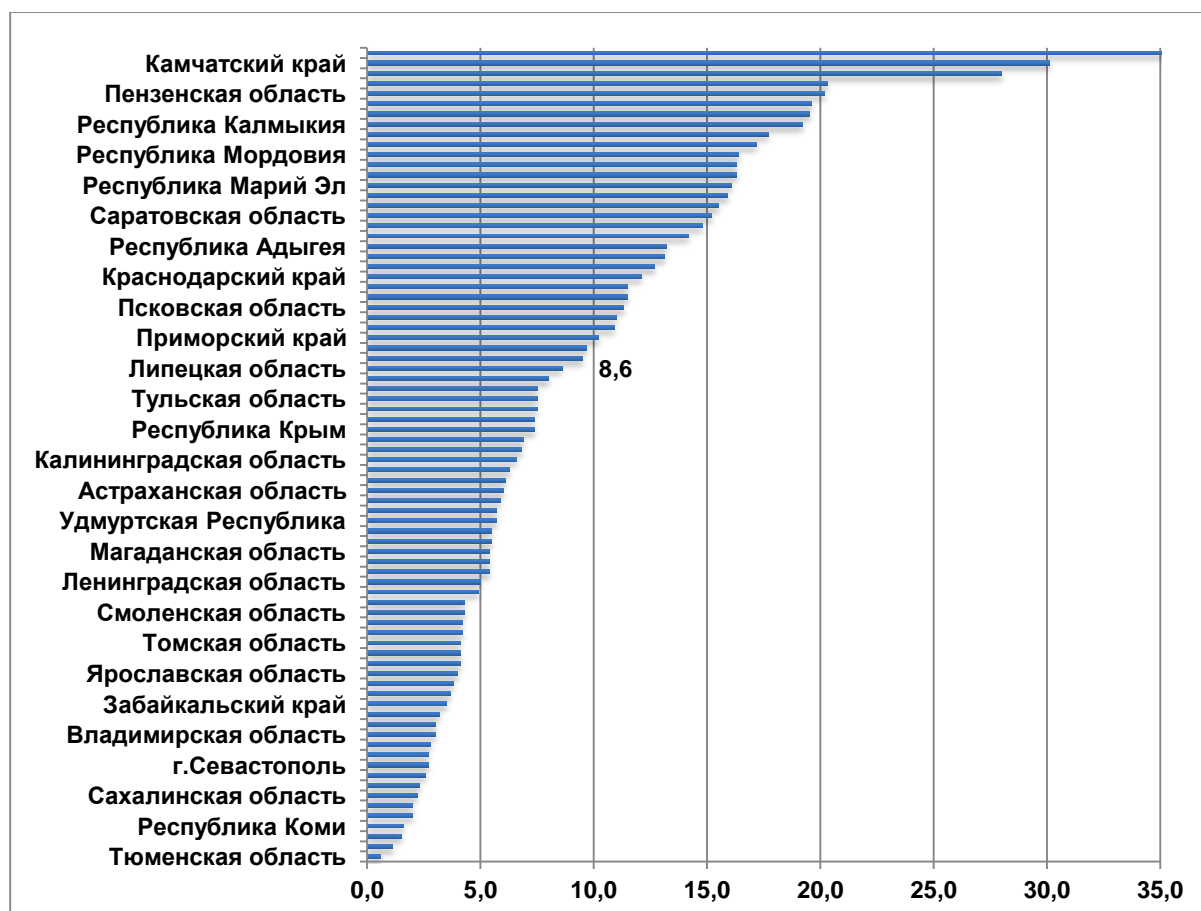


Рис. 1. Удельный вес ВДС сельского, лесного хозяйства, охоты, рыболовства и рыбоводства в ВРП субъектов Российской Федерации в 2021 г., %

По данным формы № 1-КФХ были определены результативные признаки уровня производства продукции сельского хозяйства и продуктивности сельскохозяйственных культур и их факторы (показатели интенсивности):

y_1 – доходы от реализации сельскохозяйственной продукции собственного производства, продуктов ее первичной и промышленной переработки в расчете на 100 га площади земельных угодий, тыс. руб.;

y_2 – урожайность зерновых и зернобобовых культур, ц/га;

x_1 – среднегодовая численность наемных работников и членов К(Ф)Х в расчете на 100 га площади земельных угодий, чел.;

x_2 – обеспеченность сельскохозяйственной техникой в расчете на 100 га площади земельных угодий, шт.;

x_3 – затраты на минеральные удобрения и средства защиты растений в расчете на 1 га убранной площади зерновых и зернобобовых, тыс. руб.

Поскольку более половины всех К(Ф)Х Липецкой области специализируется на производстве продукции растениеводства, в первую очередь зерновых и зернобобовых, одной из результативных переменных была взята урожайность этой группы культур.

В исследовании использовали данные 92,7% К(Ф)Х Липецкой области, имевших доходы от реализации продукции сельского хозяйства в расчете на 100 га площади земельных участков в размере до 20 млн руб. и сдавших форму отчетности № 1-КФХ в 2021 г. (общее количество таких субъектов – 451). Авторами были исключены К(Ф)Х с нулевой земельной площадью и доходами, а также с резко выделяющимися доходами – от 20 млн руб. и выше.

Для изучения тесноты связи между изучаемыми признаками были рассчитаны парные коэффициенты корреляции Пирсона.

Сила связи между y_1 (доходы в расчете на 100 га площади земельных участков) и первым факторным признаком x_1 (численность работников К(Ф)Х на 100 га площади земельных угодий) – умеренная ($r_{y_1x_1} = 0,483$), а со вторым фактором x_2 (число сельскохозяйственной техники в расчете на 100 га площади земельных участков) – слабая ($r_{y_1x_2} = 0,342$).

Между двумя факторными признаками x_1 и x_2 наблюдается тесная взаимосвязь – $r_{x_1x_2} = 0,714$, следовательно, включать их одновременно в уравнение регрессии нецелесообразно, поэтому были построены только парные модели. Между фактором y_2 (урожайность зерновых и зернобобовых культур, ц/га) и фактором x_3 (затраты на минеральные удобрения и средства защиты растений в расчете на 1 га убранной площади зерновых и зернобобовых) также наблюдается слабая связь ($r_{y_2x_3} = 0,391$).

По диаграммам рассеяния (рис. 2) можно предположить наличие прямой линейной связи средней (ниже средней) тесноты между y_1 и x_1 , y_1 и x_2 в условиях гетероскедастичности остатков.

Гистограммы по каждому признаку показывают, что распределения хозяйств по изучаемым признакам имеют правостороннюю скошенность, особенно сильную по двум факторам – x_1 и x_2 .

Таким образом, могут быть построены модели:

$$\hat{y}_1 = a + bx_1 ; \quad (1)$$

$$\hat{y}_1 = a + bx_2 . \quad (2)$$

Для урожайности зерновых и зернобобовых культур был подобран фактор x_3 (затраты, связанные с приобретением минеральных удобрений, а также средств защиты растений) и следующая модель регрессии:

$$\hat{y}_2 = a + bx_3 . \quad (3)$$

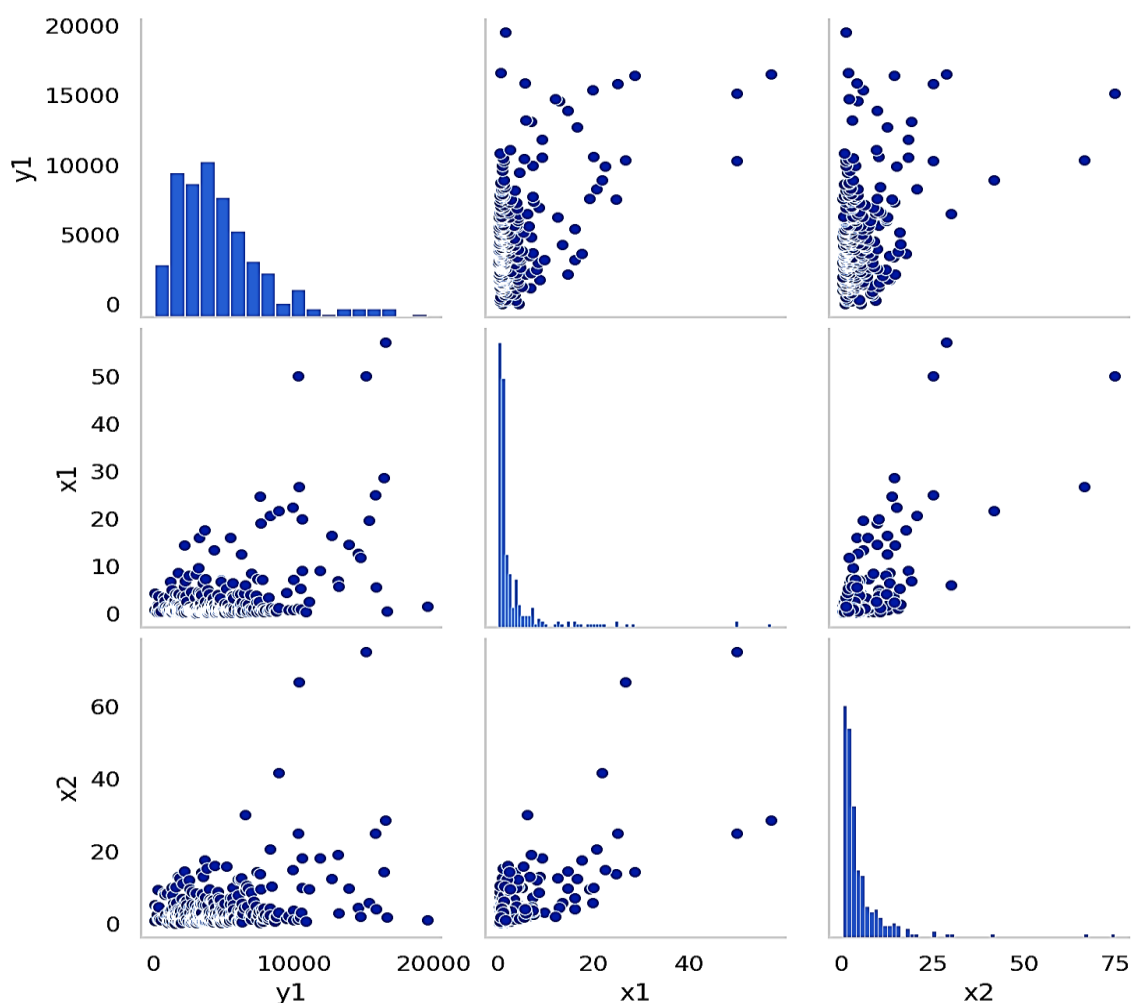


Рис. 2. Диаграммы рассеяния и гистограммы по изучаемым признакам

Источник: составлено авторами на основе данных отчетов [3, 6].

Оценка параметров линейной функции может быть проведена с помощью метода наименьших квадратов (МНК), для реализации которого необходимо выполнение предпосылок, в частности отсутствие гетероскедастичности в остатках [10]. Обычно данная предпосылка МНК нарушается в пространственных выборках, тогда как нарушение другой предпосылки МНК – об отсутствии автокорреляции в остатках – присуще в основном моделям, построенным по данным динамических рядов. Поскольку по графикам было предположено наличие гетероскедастичности, необходимо статистически проверить эту гипотезу.

Существует множество тестов на гетероскедастичность остатков, в представленной работе применен тест Уайта [8], основанный на зависимости, описываемой следующей функцией:

$$\hat{e}^2 = a_0 + b_1x + b_2x^2. \quad (4)$$

Зависимость (4) может быть использована в дальнейшем для устранения гетероскедастичности остатков.

Вначале выдвигаются нулевая и альтернативная гипотезы о наличии или отсутствии гетероскедастичности в остатках:

- H_0 – гетероскедастичность отсутствует;
- H_a – гетероскедастичность присутствует.

В работе при проверке статистических гипотез использовался критический уровень значимости 5%.

Определяются оценки параметров модели (4) с помощью МНК, проводится дисперсионный анализ с использованием F-критерия Фишера. Если будет принята альтернативная гипотеза, то зависимость дисперсии остатков (e^2) от значений фактора x может быть описана квадратичной функцией.

Если применить МНК к модели с гетероскедастичными остатками, то будут получены неэффективные оценки генеральных параметров, что может стать причиной недостоверности параметров, невозможности их интерпретации и использования модели в целях прогнозирования. Поэтому в случае гетероскедастичности остатков следует применять взвешенный МНК (ВМНК), «скорректировав» расчеты параметров уравнения регрессии с учетом значений ковариационной матрицы остатков [12].

Для основных расчетов в работе был использован язык программирования Python. С целью изучения тесноты связи между изучаемыми признаками построена матрица парных коэффициентов корреляции с использованием библиотек pandas, seaborn. Для оценки параметров уравнений регрессии с помощью МНК обычного метода наименьших квадратов применена функция OLS из библиотеки statsmodels, которой на вход подаются значения зависимой и независимой переменных.

Полученные модели были проверены на наличие гетероскедастичности остатков по тесту Уайта: на вход функции het_white библиотеки statsmodels переданы векторы остатков по МНК и значений независимой переменной. Для устранения гетероскедастичности использовался ВМНК, для этого на вход функции WLS библиотеки statsmodels были переданы векторы зависимой и независимой переменных, а также веса, которые были рассчитаны как обратные величины выравненных квадратов остатков, полученных по функции, использующейся в тесте Уайта.

Для решения задачи регрессии могут использоваться различные методы машинного обучения:

- нейронные сети и, в частности, модель многослойного перцептрона (Multilayer Perceptron, MLP);
- метод k ближайших соседей (K-nearest Neighbors, KNN);
- градиентный бустинг (Gradient Boosting, GB) и др.

Реализация данных методов была осуществлена при помощи специализированной библиотеки scikit-learn для языка Python.

Оценки параметров уравнения регрессии (1) получены с помощью МНК:

$$\hat{y}_1 = 3941,9 + 241,1x_1.$$

Уравнение регрессии в целом и каждый из его параметров статистически значимы на уровне 5%, о чем свидетельствуют следующие значения:

- p -value критериев F-Фишера (p -value (F) = 0,000);
- t -Стьюдента (p -value (t_a) = 0,000) (см. табл.).

Что касается теста Уайта, то он показал наличие гетероскедастичности в остатках (p -value (F) = 0,008).

Линейные модели регрессии на основе методов оценивания OLS и WLS

Метод оценивания	Модель	Параметры уравнения		Тест Уайта на гетероскедастичность остатков		Оценка достоверности				R^2
						уравнения регрессии		условного начала		
		a	b	F	p -value (F)	F	p -value (F)	t_a	p -value (t_a)	
OLS	1	3941,9	241,1	4,97	0,008	95,9	0,000	21,4	0,000	0,233
WLS	1	3958,4	223,0	0,08	0,923	91,3	0,000	23,6	0,000	0,225
OLS	2	4015,4	155,3	2,49	0,084	41,8	0,000	19,1	0,000	0,117
OLS	3	26,5	0,6	0,19	0,830	38,9	0,000	24,3	0,000	0,153

Источник: составлено авторами на основе данных отчетов [3, 6].

В результате был реализован ВМНК: $\hat{y}_1 = 3958,4 + 223,0x_1$, его оценки являются предпочтительными, поскольку тест Уайта не показал наличие гетероскедастичности остатков (p -value (F) = 0,923). Уравнение в целом и его параметры достоверны при уровне критической значимости 5%.

По первому уравнению регрессии можно сделать вывод о том, что увеличение численности работников в К(Ф)Х на 1 чел. в расчете на 100 га земельных угодий приведет к росту доходов от реализации продукции сельского хозяйства в среднем на 223 тыс. руб. в расчете на 100 га земельных участков.

С помощью полученного уравнения регрессии можно выявить резервы роста для хозяйств, у которых фактические значения доходов от реализации продукции не превысили их выравненные значения по уравнению (рис. 3, а). Ниже линии регрессии расположены К(Ф)Х, у которых при имеющихся трудовых ресурсах есть возможность увеличить доходы от реализации продукции. Было определено 180 таких хозяйств, средний резерв роста доходов которых составлял 1892,6 тыс. руб. в расчете на 100 га земельных угодий.

Уравнение регрессии при той же результативной переменной и числе сельскохозяйственной техники в расчете на 100 га площади земли в качестве фактора (2) имеет следующий вид: $\hat{y}_1 = 4015,4 + 155,3x_2$, гетероскедастичность в данной модели не была обнаружена. Коэффициент полной регрессии свидетельствует о том, что при увеличении числа сельскохозяйственной техники на единицу доходы возрастут в среднем на 155,3 тыс. руб. (в расчете на 100 га земельных угодий по каждой переменной).

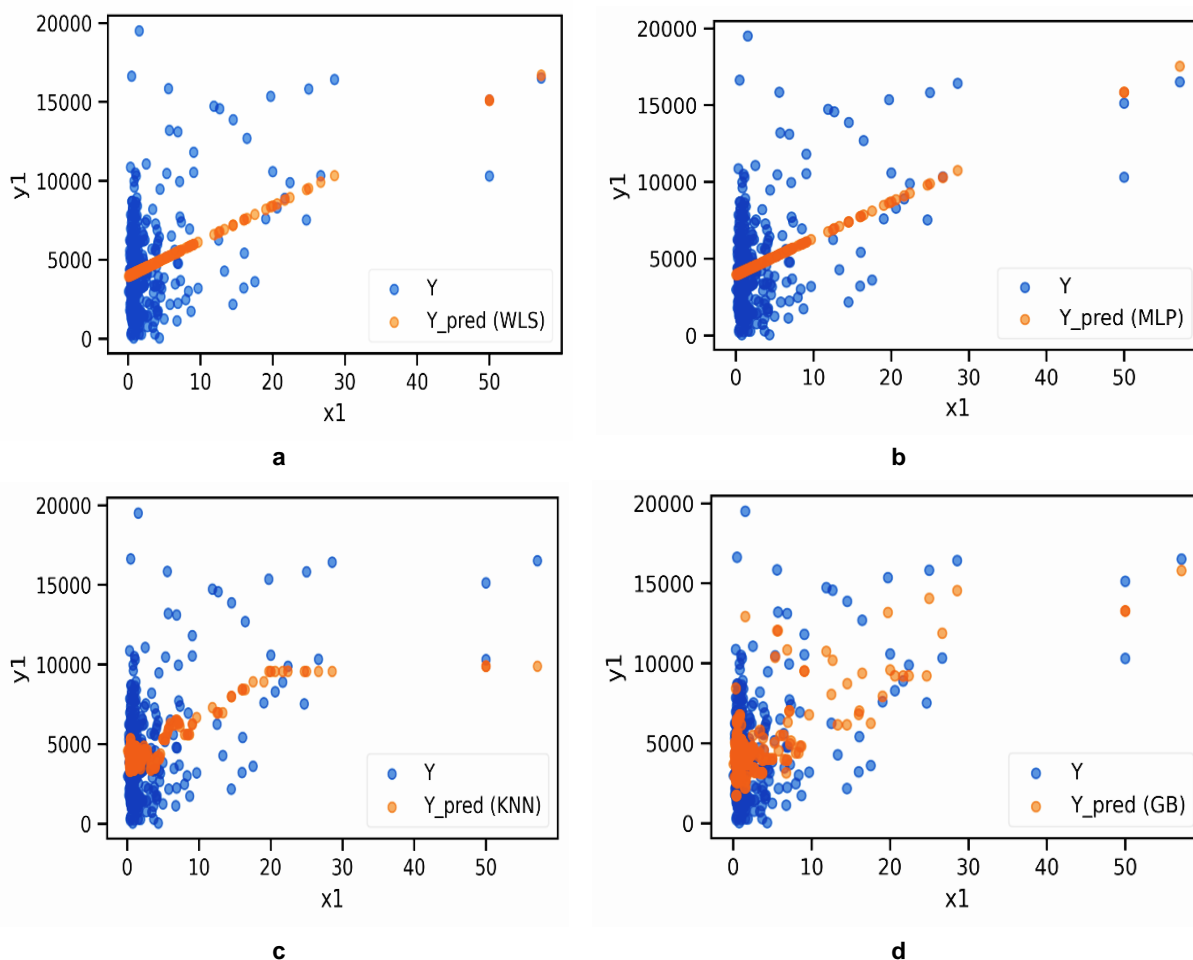


Рис. 3. Фактические (Y) и выравненные значения (Y_{pred}) доходов К(Ф)Х (y_1) в зависимости от уровня обеспеченности рабочей силой (x_1), полученные разными методами: а – WLS; б – MLP; в – KNN; д – GB

Источник: составлено авторами на основе данных отчетов [3, 6].

При моделировании урожайности зерновых и зернобобовых культур (3) получено уравнение регрессии также с помощью МНК: $\hat{y}_2 = 26,5 + 0,6x_3$. Уравнение регрессии в целом и все параметры статистически значимы. Коэффициент полной регрессии показывает, что с увеличением затрат на минеральные удобрения на 1 тыс. руб. в расчете на 1 га убранной площади урожайность зерновых и зернобобовых культур увеличится в среднем на 0,6 ц/га.

В таблице мы можем наблюдать значения коэффициента детерминации R^2 как метрики качества для каждого метода определения оценок уравнения линейной регрессии. Стоит отметить, что R^2 для WLS завышается в силу особенности метода, поэтому его нельзя использовать как показатель качества модели.

Для сравнения качества моделирования значений результативных переменных была построена и использована модель MLP со следующими гиперпараметрами:

- 4 скрытых слоя с числом нейронов соответственно 150, 100, 100, 100;
- число эпох обучения – 1000;
- функция активации – rectified linear unit function (ReLU);
- метод корректировки весов – stochastic gradient-based optimizer (Adam);
- начальный темп обучения – 0,01.

Значения гиперпараметров были подобраны эмпирическим путем.

Для первой модели метод MLP позволил получить наибольший коэффициент детерминации ($R^2 = 0,242$) (рис. 3, *b*).

Для второй модели данный метод не показал лучшего результата, коэффициент детерминации остался на уровне 0,117.

Для третьей модели методом MLP удалось повысить R^2 незначительно ($R^2 = 0,155$).

С использованием методов KNN и GB для всех трех моделей удалось получить более высокие значения R^2 , что говорит об их более высокой предсказательной силе в сравнении с методом OLS (результаты моделирования приведены на рисунке 3, *c, d*). Так, по методу KNN коэффициент детерминации для трех моделей соответственно равен 0,237, 0,161, 0,189, по методу GB – соответственно 0,627, 0,551, 0,669.

Таким образом, для первой модели регрессии рекомендуется использовать метод WLS ввиду гетероскедастичности остатков либо методы GB, MLP. Для моделей 2 и 3 наиболее предпочтителен метод OLS или метод GB.

Полученные модели можно использовать в целях прогнозирования и для классификации К(Ф)Х с целью принятия качественных управленческих решений на государственном уровне по развитию малого предпринимательства.

Тема статистического анализа результатов деятельности крестьянских (фермерских) хозяйств в России не так широко распространена в среде научно-исследовательских организаций и ученых, в том числе в силу ограниченного доступа к информации.

Аналізу состояния и динамики развития К(Ф)Х в России, оценке основных факторов эффективности посвящены работы сотрудников Института сельского хозяйства РАН (Ушачев И.Г., Бондаренко Л.В., Чекалин В.С. [9]) и Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (руководитель авторского коллектива Гохберг Л.М. [5]).

Исследования, связанные с эконометрическим моделированием доходов домохозяйств, проводят сотрудники различных научных учреждений за рубежом [17]. Так, ученые из Малайзии (Yee G.P., Rusiman M.S., Ismail S., Suparman S., Hamzah F.M. & Shafi M.A.) изучают зависимость валового совокупного дохода домохозяйств от географических и демографических характеристик с использованием модели множественной линейной регрессии с комбинацией метода К-средних для предварительной кластеризации домохозяйств на однородные группы по размеру доходов. Полученные результаты позволяют правительству страны проводить гибкую политику, направленную на повышение уровня жизни населения, проживающего в сельской местности, и принимать взвешенные решения для оптимизации экономической ситуации в стране [17].

Работы многих исследователей посвящены проблеме гетероскедастичности. Так, коллектив ученых из Мельбурнского университета и Австралийского медицинского исследовательского института (WEHI) разрабатывает моделирование групповой гетероскедастичности в псевдообъемных данных одноклеточной РНК-секвенции (You Y., Dong X., Wee Y.K., Maxwell M.J., Alhamdoosh M., Smyth G.K., Hickey P.F., Ritchie M.E. & Law C.W.) [19]. Проведение тестов на гетероскедастичность в непараметрической регрессии на основе анализа остатков, включая методы Детте и Мунка, было осуществлено сотрудниками научной школы Сианьского университета (Китай) (Zhang L. и Mei C.) [20].

Эффективность модели многослойного перцептрона для решения задачи регрессии была доказана в научных исследованиях, связанных с прогнозированием краткосрочных тенденций фондового рынка (Namdari A., Durrani T.S.) [15], оценкой содержания металлических элементов в почве (Li F., Zhang X., Lu A., Xu L., Ren D. & You T.) [14], изучением эрозии почвы и подверженности оползням (Egbueri J.C.) [11]. Исследованию методов k -ближайших соседей и градиентного бустинга посвящены научные публикации, связанные с прогнозированием производительности водно-болотных угодий (Lee B.-H., Scholz M.) [13], роста реального ВВП (Yoon J.) [18] и др.

Проведенное авторами исследование крестьянских (фермерских) хозяйств по данным формы № 1-КФХ может быть продолжено в направлении построения классификации и описания типов К(Ф)Х с помощью системы показателей специализации [16], интенсификации, размеров и др., а также в направлении построения типологических регрессий.

Выводы

На уровень производства продукции сельского хозяйства субъектов малого предпринимательства, в том числе К(Ф)Х, оказывает влияние множество факторов, одними из приоритетных являются уровень обеспеченности рабочей силой и сельскохозяйственной техникой, между которыми была установлена тесная связь, препятствующая их одновременному включению в модель регрессии.

По изучаемой совокупности К(Ф)Х выявлена правосторонняя асимметрия по всем изучаемым признакам, показывающая, что большинство К(Ф)Х характеризуется невысокими уровнями доходов от реализации сельскохозяйственной продукции собственного производства, продуктов первичной и промышленной переработки, обеспеченности рабочей силой и сельскохозяйственной техникой в расчете на единицу земельной площади. С помощью парных коэффициентов корреляции Пирсона выявлена умеренная сила связи уровня доходов от реализации сельскохозяйственной продукции с обеспеченностью рабочей силой ($R = 0,483$) и слабая – с обеспеченностью сельскохозяйственной техникой ($R = 0,342$); между урожайностью зерновых и зернобобовых культур и затратами на минеральные удобрения и средства защиты растений рассчитан коэффициент корреляции, равный 0,391.

Для оценки параметров моделей регрессии использовали метод наименьших квадратов (МНК) – в случае выполнения условий применения метода и взвешенный метод наименьших квадратов (ВМНК) – при нарушении предпосылки о гомоскедастичности остатков. Из трех анализируемых регрессионных моделей при помощи теста Уайта выявлена гетероскедастичность остатков в модели зависимости доходов от реализации сельскохозяйственной продукции от среднегодовой численности наемных работников, которая была устранена в результате применения ВМНК. В модели зависимости доходов от реализации сельскохозяйственной продукции от обеспеченности сельскохозяйственной техникой и в модели зависимости урожайности зерновых и зернобобовых от затрат на минеральные удобрения и средства защиты растений остатки гомоскедастичны.

Построенные эконометрические модели позволяют оценить изменения эндогенных переменных в результате влияния факторов. Так, увеличение численности работников в $K(\Phi)X$ на 1 чел. в расчете на 100 га земельных угодий приведет к росту доходов от реализации продукции сельского хозяйства в среднем на 223 тыс. руб. в расчете на ту же единицу площади, при этом около половины хозяйств имеют средний резерв роста доходов от увеличения трудовых ресурсов в размере 1892,6 тыс.руб. в расчете на 100 га земельных угодий.

Установлено также, что при увеличении числа сельскохозяйственной техники на единицу доходы возрастут в среднем на 155,3 тыс. руб. (в расчете на 100 га земельных угодий по каждой переменной), а с увеличением затрат на минеральные удобрения на 1 тыс. руб. в расчете 1 га убранной площади урожайность зерновых и зернобобовых культур увеличится в среднем на 0,6 ц/га.

С точки зрения качества аппроксимации, метод наименьших квадратов сравнивался с многослойным перцептроном (MLP), методом k ближайших соседей (KNN), которые не показали существенно лучший результат, и методом градиентного бустинга (GB), позволившего получить наибольший коэффициент детерминации.

Таким образом, в рамках изучаемой совокупности данных, для увеличения качества аппроксимации функции уровня производства продукции сельского хозяйства $K(\Phi)X$ в зависимости от уровня обеспеченности рабочей силой и сельскохозяйственной техникой, наиболее эффективным методом является градиентный бустинг. Однако МНК позволяет получить коэффициенты регрессии и измерить на их основе меру влияния факторов на зависимую переменную, что делает данный метод высоко востребованным в эконометрических исследованиях.

Список источников

1. Национальные счета [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Официальный сайт. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/accounts> (дата обращения: 01.03.2023).
2. О крестьянском (фермерском) хозяйстве: Федеральный закон от 11 июня 2003 г. № 74-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/19605> (дата обращения: 01.08.2023).
3. Об утверждении формы отчета о финансово-экономическом состоянии товаропроизводителей агропромышленного комплекса за 2021 год и срока его представления: Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13 июля 2021 г. № 465 [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202108300007> (дата обращения: 01.03.2023).
4. О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2008–2012 годы: Постановление Правительства Российской Федерации от 14 июля 2007 г. № 446 (с последующими изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/2162858/> (дата обращения: 18.03.2023).
5. Прогноз научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года: утвержден приказом Минсельхоза России № 3 от 12 января 2017 г. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»; Л.М. Гохберг (руководитель авторского коллектива и др.]. Москва: НИУ ВШЭ, 2017. 139 с.
6. Формы отчетов $K(\Phi)X$ и СПок [Электронный ресурс] // Управление сельского хозяйства Липецкой области. Официальный сайт. URL: https://ush48.ru/industries/small_forms_of_management/formy-otchetov-kfkh-i-spok/ (дата обращения: 01.03.2023).
7. Уколова А.В., Быков Д.В. Типизация личных подсобных хозяйств методом нейросетевого кластерного анализа // Экономика сельского хозяйства России. 2023. № 6. С. 97–108. DOI: 10.32651/236-97.
8. Уколова А.В., Ульянов А.Е. Статистический анализ результатов сельскохозяйственной переписи 2017 года по типам ферм США // Экономика сельского хозяйства России. 2023. № 1. С. 109–118. DOI: 10.32651/231-109.
9. Ушачев И.Г., Бондаренко Л.В., Чекалин В.С. Основные направления комплексного развития сельских территорий России // Вестник Российской академии наук. 2021. № 91(4). С. 316–325. DOI: 10.31857/S0869587321040113.
10. Drichoutis A.C., Lazaridis P., Nayga R.M. Heteroskedasticity, the single crossing property and ordered response models // Economics Bulletin. 2006. Vol. 3(31). Pp. 1–6.
11. Egbueri J.C. Soil erosion and landslide susceptibility insights based on hierarchical clustering and multilayer perceptron networks: a Nigerian case study // International Journal of Environmental Science and Technology. 2023. Vol. 20. Pp. 10763–10786. DOI: 10.1007/s13762-022-04714-7.

12. Griffiths W.E., Carter Hill R., Lim G.C. Using EViews for Principles of Econometrics. New York: John Wiley & Sons, Inc, 2012. 466 p.
13. Lee B.-H., Scholz M. A comparative study: Prediction of constructed treatment wetland performance with k-nearest neighbors and neural networks // *Water, Air, and Soil Pollution*. 2006. Vol. 174(1-4). Pp. 279–301. DOI: 10.1007/s11270-006-9113-2.
14. Li F., Zhang X., Lu A. et al. Estimation of metal elements content in soil using x-ray fluorescence based on multilayer perceptron // *Environmental Monitoring and Assessment*. 2022. Vol. 194. Article no. 95. DOI: 10.1007/s10661-022-09750-x.
15. Namdari A., Durrani T.S. A multilayer feedforward perceptron model in neural networks for predicting stock market short-term trends // *SN Operations Research Forum*. 2021. Vol. 2. Article no. 38. DOI: 10.1007/s43069-021-00071-2.
16. Ukolova A.V., Dashieva B.S. Study of the labor resources of peasant (farm) households by production type // In: *Environmental Footprints and Eco-Design of Products and Processes*. Singapore: Springer, 2022. Pp. 229–241.
17. Yee G.P., Rusiman M.S., Ismail S. et al. K-means clustering analysis and multiple linear regression model on household income in Malaysia // *IAES International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI)*. 2023. Vol. 12(2). Pp. 731–738. DOI: 10.11591/ijai.v12.i2.pp731-738.
18. Yoon J. Forecasting of real GDP growth using machine learning models: Gradient Boosting and Random Forest Approach // *Computational Economics*. 2021. Vol. 57. Pp. 247–265. DOI: 10.1007/s10614-020-10054-w.
19. You Y., Dong X., Wee Y.K. et al. Modeling group heteroscedasticity in single-cell RNA-seq pseudo-bulk data // *Genome Biology*. 2023. Vol. 24. Article no. 107. DOI: 10.1186/s13059-023-02949-2.
20. Zhang L., Mei C. Testing heteroscedasticity in nonparametric regression models based on residual analysis // *Applied Mathematics – A Journal of Chinese Universities*. 2008. Vol. 23(3). Pp. 265–272. DOI: 10.1007/s11766-008-1648-0.

References

1. Natsional'nye scheta. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki (Rosstat). Ofitsial'nyj sajt [National accounts. Federal State Statistics Service (Rosstat). Official website]. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/accounts>. (In Russ.).
2. O krest'yanskom (fermerskom) khozyajstve: Federal'nyj zakon ot 11 iyunya 2003 g. № 74-FZ [Concerning Peasant Private Farm Holdings: Federal Law No. 74-FZ of June 11, 2003]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/19605>. (In Russ.).
3. Ob utverzhdenii formy otcheta o finansovo-ekonomicheskom sostoyanii tovaroproizvoditelej agropromyshlennogo kompleksa za 2021 god i sroka ego predstavleniya: Prikaz Ministerstva sel'skogo khozyajstva Rossijskoj Federatsii ot 13 iyulya 2021 g. № 465 [On approval of the format of the Report on the financial and economic status of agricultural producers for 2021 and Report provision form: Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation No. 465 of July 13, 2021]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202108300007>. (In Russ.).
4. O Gosudarstvennoj programme razvitiya sel'skogo khozyajstva i regulirovaniya rynkov sel'skokhozyajstvennoj produkcii, syr'ya i prodovol'stviya na 2008-2012 gody: Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federatsii ot 14 iyulya 2007 g. № 446 (s posleduyuschimi izmeneniyami i dopolneniyami) [On the State Program for the Development of Agriculture and Regulation of Agricultural Products, Raw Materials and Food Markets for 2008-2012: Decree of the Government of the Russian Federation No. 446 of July 14, 2007 (as subsequently amended)]. URL: <https://base.garant.ru/2162858/>. (In Russ.).
5. Prognoz nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa Rossijskoj Federatsii na period do 2030 goda: utverzhen prikazom Minzel'khoza Rossii № 3 ot 12 yanvarya 2017 g. Ministerstvo sel'skogo khozyajstva Rossijskoj Federatsii, Natsional'nyj issledovatel'skij universitet "Vysshaya Shkola Ekonomiki"; L.M. Gohberg (rukovoditel' avtorskogo kolektiva et al.) [Forecast of scientific and technological development of Agro-Industrial Complex of the Russian Federation for the period up to 2030: approved by Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation No. 3 of January 12, 2017. Ministry of Agriculture of the Russian Federation, National Research University "Higher School of Economics"; L.M. Gohberg (Head of the authoring team et al.)]. Moscow: Higher School of Economics Press; 2017. 139 p. (In Russ.).
6. Formy otchetov K(F)Kh i SPoK. Upravlenie sel'skogo khozyajstva Lipetskoj oblasti. Ofitsial'nyj sajt [Formats of Reports of Peasant Private Farm Holdings and Agricultural Consumer Co-operatives. Department of Agriculture of Lipetsk Oblast. Official website]. URL: https://ush48.ru/industries/small_forms_of_management/formy-otchetov-kfkh-i-spok/. (In Russ.).
7. Ukolova A.V., Bykov D.V. Tipizatsiya lichnykh podsobnykh khozyajstv metodom nejrosetevogo klaster'nogo analiza [Typing of household plots by the method of neural network cluster analysis]. *Ekonomika sel'skogo khozyajstva Rossii = Economics of Agriculture of Russia*. 2023;6:97-108. DOI: 10.32651/236-97. (In Russ.).
8. Ukolova A.V., Ulyanckin A.E. Statisticheskij analiz rezul'tatov sel'skokhozyajstvennoj perepisi 2017 goda po tipam ferm SShA [Statistical analysis of the results of the 2017 Agricultural Census by types of farms in the USA]. *Ekonomika sel'skogo khozyajstva Rossii = Economics of Agriculture of Russia*. 2023;1:109-118. DOI: 10.32651/231-109. (In Russ.).
9. Ushachev I.G., Bondarenko L.V., Chekalin V.S. Osnovnye napravleniya kompleksnogo razvitiya sel'skikh territorij Rossii [Main directions of integrated development of rural areas of Russia]. *Vestnik Rossijskoj akademii nauk = Bulletin of the Russian Academy of Sciences*. 2021;91(4):316-325. DOI: 10.31857/S0869587321040113. (In Russ.).

10. Drichoutis A.C., Lazaridis P., Nayga R.M. Heteroskedasticity, the single crossing property and ordered response models. *Economics Bulletin*. 2006;3(31):1-6.
11. Egbueri J.C. Soil erosion and landslide susceptibility insights based on hierarchical clustering and multilayer perceptron networks: a Nigerian case study. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 2023;20:10763-10786. DOI: 10.1007/s13762-022-04714-7.
12. Griffiths W.E., Carter Hill R., Lim G.C. Using EViews for Principles of Econometrics. New York: John Wiley & Sons, Inc; 2012. 466 p.
13. Lee B.-H., Scholz M. A comparative study: Prediction of constructed treatment wetland performance with k-nearest neighbors and neural networks. *Water, Air, and Soil Pollution*. 2006;174(1-4):279-301. DOI: 10.1007/s11270-006-9113-2.
14. Li F., Zhang X., Lu A. et al. Estimation of metal elements content in soil using x-ray fluorescence based on multilayer perceptron. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2022;194:95. DOI: 10.1007/s10661-022-09750-x.
15. Namdari A., Durrani T.S. A multilayer feedforward perceptron model in neural networks for predicting stock market short-term trends. *SN Operations Research Forum*. 2021;2:38. DOI: 10.1007/s43069-021-00071-2.
16. Ukolova A.V., Dashieva B.S. Study of the labor resources of peasant (farm) households by production type // In: Environmental Footprints and Eco-Design of Products and Processes. Singapore: Springer; 2022:229-241.
17. Yee G.P., Rusiman M.S., Ismail S. et al. K-means clustering analysis and multiple linear regression model on household income in Malaysia. *IAES International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI)*. 2023;12(2):731-738. DOI: 10.11591/ijai.v12.i2.pp731-738.
18. Yoon J. Forecasting of real GDP growth using machine learning models: Gradient Boosting and Random Forest Approach. *Computational Economics*. 2021;57:247-265. DOI: 10.1007/s10614-020-10054-w.
19. You Y., Dong X., Wee Y.K. et al. Modeling group heteroscedasticity in single-cell RNA-seq pseudo-bulk data. *Genome Biology*. 2023;24:107. DOI: 10.1186/s13059-023-02949-2.
20. Zhang L., Mei C. Testing heteroscedasticity in nonparametric regression models based on residual analysis. *Applied Mathematics – A Journal of Chinese Universities*. 2008;23(3):265-272. DOI: 10.1007/s11766-008-1648-0.

Информация об авторах

А.В. Уколова – кандидат экономических наук, доцент, и.о. зав. кафедрой статистики и кибернетики ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева», <https://orcid.org/0000-0002-2806-6365>, statmsha@rgau-msha.ru.

Б.Ш. Дашиева – кандидат экономических наук, доцент кафедры статистики и кибернетики ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева», <https://orcid.org/0000-0002-3155-6517>, dashieva.b.sh@rgau-msha.ru.

Д.В. Быков – ассистент кафедры статистики и кибернетики ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева», <https://orcid.org/0000-0001-6287-3462>, bykovdv@rgau-msha.ru.

А.Е. Ульянкин – ассистент кафедры статистики и кибернетики ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева», <https://orcid.org/0000-0003-2978-5473>, aeulianckin@rgau-msha.ru.

Д.Э. Храмов – ассистент кафедры статистики и кибернетики ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева», <https://orcid.org/0009-0009-7873-7030>, khramovde@rgau-msha.ru.

Information about the authors

A.V. Ukolova, Candidate of Economic Sciences, Docent, Acting Head of the Dept. of Statistics and Cybernetics, Russian Timiryazev State Agrarian University, <https://orcid.org/0000-0002-2806-6365>, statmsha@rgau-msha.ru.

B.Sh. Dashieva, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Statistics and Cybernetics, Russian Timiryazev State Agrarian University, <https://orcid.org/0000-0002-3155-6517>, dashieva.b.sh@rgau-msha.ru.

D.V. Bykov, Assistant, the Dept. of Statistics and Cybernetics, Russian Timiryazev State Agrarian University, <https://orcid.org/0000-0001-6287-3462>, bykovdv@rgau-msha.ru.

A.E. Uliankin, Assistant, the Dept. of Statistics and Cybernetics, Russian Timiryazev State Agrarian University, <https://orcid.org/0000-0003-2978-5473>, aeulianckin@rgau-msha.ru.

D.E. Khramov, Assistant, the Dept. of Statistics and Cybernetics, Russian Timiryazev State Agrarian University, <https://orcid.org/0009-0009-7873-7030>, khramovde@rgau-msha.ru.

Статья поступила в редакцию 20.06.2023; одобрена после рецензирования 28.07.2023; принята к публикации 01.08.2023.

The article was submitted 20.06.2023; approved after reviewing 28.07.2023; accepted for publication 01.08.2023.

© Уколова А.В., Дашиева Б.Ш., Быков Д.В., Ульянкин А.Е., Храмов Д.Э., 2023

5.2.3. РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА
(ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 657.6

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_3_263

EDN: IYOAЕК

**Организационные аспекты системы
внутреннего контроля экономических субъектов**

Таисия Ивановна Кателикова^{1✉}, Александр Николаевич Кателиков²

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

¹ taisijakat@yandex.ru[✉]

Аннотация. Целевые показатели деятельности экономического субъекта при внедрении системы внутреннего контроля достигаются за счет предотвращения отклонений от действующих норм и методик ведения бухгалтерского учета и недопущения искажений отчетной информации. Изменения в законодательной сфере, превышение должностных полномочий, допущение ошибок в ходе осуществления фактов хозяйственной жизни и их отражения на счетах бухгалтерского учета и в отчетности организации ведет к ограничению эффективности внутреннего контроля. Базовыми элементами системы внутреннего контроля для экономического субъекта являются: контрольная среда, оценка рисков, процедуры внутреннего контроля, информация и коммуникация, оценка внутреннего контроля. Особенности управленческой системы субъекта экономики, характер и масштабы его деятельности определяют организационные аспекты внутреннего контроля, в том числе права и обязанности внутренней контрольной службы и сотрудников проверяемых подразделений. Залогом успешного функционирования внутреннего контроля организации является его распространение на все уровни управления, сплошное вовлечение персонала в непрерывный процесс контроля, соразмерность затрат на построение контрольной системы и эффекта от ее работы. Основную работу по ведению внутреннего контроля осуществляют аппарат управления, ревизионная комиссия, руководитель бухгалтерской службы, отдел внутреннего аудита, специализированные подразделения, отвечающие за сохранность имущества и экономическую безопасность организации. Таким образом, внутренний контроль представляет собой процесс, обеспечивающий достижение целевых установок экономического субъекта путем выбора оптимальной организационной структуры и порядка взаимодействия подразделений, а также рациональной системы ведения бухгалтерского учета и формирования финансовой отчетности организации.

Ключевые слова: внутренний контроль, экономический субъект, организация системы внутреннего контроля, бухгалтерский (финансовый) учет, бухгалтерская (финансовая) отчетность

Для цитирования: Кателикова Т.И., Кателиков А.Н. Организационные аспекты системы внутреннего контроля экономических субъектов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 3(78). С. 263–268. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_263-268.

5.2.3. REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS
(ECONOMIC SCIENCES)

Original article

**Organizational aspects of internal control
system of economic entities**

Taisiya I. Katelikova^{1✉}, Aleksandr N. Katelikov²

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

¹ taisijakat@yandex.ru[✉]

Annotation. When the internal control system is implemented, the target performance indicators of an economic entity are achieved by preventing the deviations from the current norms and methods of accounting and preventing distortions of accounting information. Changes in the legislative sphere, abuse of official powers, as well as making mistakes during economic activities and their accounting and reporting lead to limitations in the efficiency of internal control in the enterprise. The basic elements of internal control for an economic entity include the control environment; risk assessment; internal control procedures; information and communication; and assessment of internal control. The peculiarities of management system of an economic entity, the character and scope of its activities determine the organizational aspects of internal control, including the rights and obligations of the internal control service and personnel of the audited units. The keys to successful functioning of internal control of an enterprise are its distribution throughout all levels of management, total involvement of personnel into the continuous control process, and proportionality between the costs of building a control system and the effect of its work. The main work on internal control is performed

by administrative staff, audit commission, the head of accounting service, the internal audit department, and specialized units responsible for the safety of property and economic security of the organization. Thus, internal control is a process that ensures the achievement of objectives of an economic entity by choosing the optimal organizational structure and the order of interaction of departments, as well as a rational accounting system and formation of financial statements of the organization.

Key words: internal control, economic entity, organization of internal control system, business (financial) accounting, business (financial) statements

For citation: Katelikova T.I., Katelikov A.N. Organizational aspects of internal control system of economic entities. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(3):263-268. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_263-268.

Федеральный закон «О бухгалтерском учете» (принят Государственной Думой 22 ноября 2011 г.) устанавливает обязательный характер осуществления внутреннего контроля организации бухгалтерского (финансового) учета и формирования итоговой отчетности экономического субъекта в случае, если он подпадает под обязательный аудит [6].

Целью внутреннего контроля выступает достижение достаточного уровня уверенности в достоверности результатов деятельности субъекта экономики, обоснованности показателей его финансовой, управленческой, социальной, экологической отчетности, соблюдения им законодательных требований в процессе отражения в бухгалтерском учете фактов хозяйственной жизни.

Целевые показатели деятельности экономического субъекта при внедрении внутреннего контроля достигаются за счет предотвращения отклонений от действующих норм и методик ведения бухгалтерского учета и недопущения искажений отчетной информации.

Изменения в законодательной сфере, превышение должностных полномочий, допущение ошибок в ходе осуществления фактов хозяйственной жизни и их отражения на счетах бухгалтерского учета и в отчетности организации ведут к ограничению эффективности внутреннего контроля [8].

Базовыми элементами внутреннего контроля для экономического субъекта являются контрольная среда, оценка рисков, процедуры внутреннего контроля, информация и коммуникация, оценка внутреннего контроля [5, 9].

Культура отношения руководства и персонала организации к ведению внутреннего контроля образует контрольную среду.

Определение возможности недостижения целевых показателей деятельности экономического субъекта, вероятности отражения недостоверных данных в его финансовой отчетности представляет собой процесс оценки рисков.

Действия, обеспечивающие сведение рисков к минимальному уровню, определяют предварительные и последующие процедуры внутреннего контроля.

Информация и коммуникация – это формирование для руководства организации и распространение среди ее персонала информации, необходимой для эффективного функционирования системы внутреннего контроля.

Эффективность каждого элемента внутренней контрольной системы и целесообразность их корректировки устанавливаются путем непрерывной оценки внутреннего контроля (мониторинга).

Документальное оформление организационных аспектов внутреннего контроля производится как в системе бумажного, так и электронного документооборота. Порядок организации и осуществления внутреннего контроля оформляется документально на бумажном носителе и (или) в электронном виде. Учредительные, организационные и распорядительные документы должны включать положения, регулирующие осуществление внутреннего контроля.

Затрагивающие контрольную среду положения обычно входят в состав документов экономического субъекта:

- о целевых и ценностных ориентирах экономического субъекта, политике управления им, стратегических задачах освоения рынка;
- этических нормах и правилах корпоративного поведения сотрудников в различных ситуациях, моделях управления организацией;
- соподчиненности и схеме взаимодействия подразделений субъекта экономики, делегировании полномочий и уровнях ответственности за принятые решения;
- функциональной роли сотрудников подразделений, полномочиях их руководителей;
- порядке формирования информации для принятия управленческих решений, ведения операций с контрагентами, взаимодействия с контролирующими структурами;
- политике подбора персонала, его переподготовке и повышении квалификации, рейтинговой оценке деятельности сотрудников и стимулирующих выплатах;
- работе бухгалтерского подразделения и профессиональных качествах работников бухгалтерии, политике учета и формирования отчетности в организации, прямой и обратной связи бухгалтерской службы с другими подразделениями и распределении сфер ответственности между ними.

Документальное отражение рисков происходит на этапе детального изложения в текстовом и графическом формате процедур работы организации и ее бизнес-процессов в разрезе всех сфер деятельности с указанием возможных угроз бесперебойному функционированию экономического субъекта и его контрагентов, факторов возникновения и вероятности негативных последствий и подходов к их минимизации.

Прописанные во внутрифирменной документации экономического субъекта риски оцениваются с позиции полноты их покрытия процедурами внутреннего контроля, закрепленными в соответствующих регламентах организации.

С целью систематизации принятых экономическим субъектом процедур внутреннего контроля, относящихся к определенным выявленным рискам и зафиксированных в соответствующих внутренних организационно-распорядительных документах, а также оценки полноты покрытия внутренним контролем выявленных рисков, как правило, составляется матрица рисков и процедур внутреннего контроля.

Описание рисков и процедур контроля производится в форме матрицы с описанием особенностей риска и ответных контрольных процедур. В документе приводятся структура процедур внутреннего контроля и требования к их выполнению (периодичность, методика проведения, рабочие документы исполнителя).

Информационно-коммуникационная политика организации закрепляется в положении о порядке формирования информации для целей внутрифирменных и внешних коммуникаций в условиях соблюдения коммерческой тайны, а также в планах-графиках подготовки отчетов для внешних и внутренних пользователей.

Положения о системе внутреннего контроля должны регулярно пересматриваться и обновляться на основании актов оценки системы внутреннего контроля и мониторинга организационно-производственных изменений экономического субъекта. Срок хранения документации, регламентирующей функционирование каждого элемента системы внутрифирменного контроля, устанавливается руководством организации.

Особенности управленческой системы субъекта экономики, характер и масштабы его деятельности определяют организационные аспекты внутреннего контроля, в том числе права и обязанности внутренней контрольной службы и сотрудников проверяемых подразделений [3, 7].

Залогом успешного функционирования внутреннего контроля в организации является его распространение на всех ступенях управления, сплошное вовлечение персонала в непрерывный процесс контроля, соразмерность затрат на построение контрольной системы и эффекта от ее работы.

Основную работу по ведению внутреннего контроля осуществляют аппарат управления, ревизионная комиссия, руководитель бухгалтерской службы, отдел внутреннего аудита, специализированные подразделения, отвечающие за сохранность имущества и экономическую безопасность организации.

Для оценки эффективности внутреннего контроля организации полномочия могут быть делегированы специальной службе внутри организации или привлеченному извне консультанту [1, 4].

В случае создания специализированного подразделения по мониторингу внутреннего контроля, должна быть разработана и утверждена методика осуществления контрольных действий и система координации работы подразделений в ответ на выявленные недостатки.

Организация специальной службы внутреннего контроля считается рациональной, если:

- масштабы и особенности деятельности экономического субъекта требуют осуществления внутреннего контроля и оценки его результативности в непрерывном порядке;
- специфика работы организации обуславливает необходимость наличия уникальных знаний, умений и опыта для эффективной оценки системы контроля;
- высокие риски деятельности оправдывают затраты на содержание отдельного подразделения внутрифирменного контроля;
- законодательные нормы предусматривают обязательный характер создания обособленной структуры внутреннего контроля.

Приглашение стороннего консультанта для осуществления внутреннего контроля и его оценки может быть обосновано в случае ограниченности внутренних резервов предприятия для ведения и мониторинга контрольных мероприятий; существенного превалирования затрат на создание внутреннего контрольного подразделения над расходами на привлечение консультанта со стороны; большее доверие собственников организации результатам независимой оценки системы внутреннего контроля экономического субъекта.

Независимо от особенностей организации внутреннего контроля на предприятии базовыми средствами внутрифирменного контроля выступают:

- инспектирование первичной документации при отражении операций на счетах бухгалтерского учета;
- документальная обоснованность и санкционированность проводимых операций;
- разделение функций по оформлению первичной документации, санкционированию хозяйственных процессов, разноске по счетам бухгалтерского учета между разными сотрудниками;
- встречные проверки взаимосвязанных между собой операций;
- контроль полноты корреспонденций при ведении учета в профессиональных программах;

- инвентаризация расчетов с контрагентами;
- сверка данных первичного и сводного учета;
- оценка соблюдения утвержденного бюджета доходов и расходов;
- обеспечение условий соблюдения коммерческой тайны и хранения информации;
- упреждение мошенничества путем регулярной смены участков работы среди сотрудников [2, 10].

Таким образом, внутренний контроль представляет собой процесс, обеспечивающий достижение целевых установок экономического субъекта путем выбора оптимальной организационной структуры и порядка взаимодействия подразделений, а также рациональной системы ведения бухгалтерского учета и формирования финансовой отчетности организации.

Список источников

1. Головизнина Н.Э. Служба внутреннего контроля – необходимые составляющие компоненты [Электронный ресурс] // Внутренний контроль в кредитной организации. 2013. № 2. URL: http://www.reglament.net/bank/control/2013_2/get_article.htm?id=2561&ysclid=ljhmfulhxm113375580 (дата обращения: 05.06.2023).
2. Кателикова Т.И. Современные концепции контроля в системе управления // Теория и практика инновационных технологий в АПК: материалы национальной научно-практической конференции (Воронеж, 15–23 марта 2022 г.). Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2022. Ч. IV. С. 448–451.
3. Кириченко М. Системы внутреннего контроля. Организационные аспекты построения [Электронный ресурс] // Финансовая газета (Международный еженедельник). 2013. № 11. URL: <https://base.garant.ru/57734540/> (дата обращения: 01.06.2023).
4. Кузнецова И.В. Ревизия как метод государственного финансового контроля // Актуальные проблемы и перспективы развития аудита, бухгалтерского учета, экономического анализа и налогообложения: материалы национальной (всероссийской) научно-практической и методической конференции (Воронеж, 07 ноября 2019 г.). Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. С. 56–59.
5. Логвинова Т.И., Филина Е.В. Анализ методических подходов к изучению и оценке системы внутреннего контроля // Апрельские научные чтения имени профессора Л.Т. Гиляровской: материалы XI Международной научно-практической конференции (Воронеж, 08 марта 2022 г.). Воронеж: Воронежский государственный университет, 2022. Ч. 1. С. 141–146.
6. О бухгалтерском учете: Федеральный закон от 06.12.2011 № 402-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_122855/ (дата обращения: 12.05.2023).
7. Организация и осуществление экономическим субъектом внутреннего контроля совершаемых фактов хозяйственной жизни, ведения бухгалтерского учета и составления бухгалтерской (финансовой) отчетности: Информация Минфина России № ПЗ-11/2013 [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156407/ (дата обращения: 20.05.2023).
8. Орлова О.Е. Проблема организации внутреннего контроля [Электронный ресурс] // Актуальные вопросы бухгалтерского учета и налогообложения. 2012. № 6. URL: <https://base.garant.ru/58082928/> (дата обращения: 23.05.2023).
9. Панкратова Л.А. Формирование системы внутреннего аудита в холдинговых структурах // Аудитор. 2013. № 1. С. 23–28.
10. Резниченко С.М., Сафонова М.Ф., Швырева О.И. Современные системы внутреннего контроля: учебное пособие. Краснодар: ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет», 2016. 439 с.

References

1. Goloviznina N.E. Sluzhba vnutrennego kontrolya – neobkhodimye sostavlyayushchie komponenty [Necessary components of Internal Control Service]. *Vnutrennij kontrol' v kreditnoj organizatsii = Internal Control in a Credit Organization*. 2013;2. URL: http://www.reglament.net/bank/control/2013_2/get_article.htm?id=2561&ysclid=ljhmfulhxm113375580. (In Russ.).
2. Katelikova T.I. Sovremennye kontseptsii kontrolya v sisteme upravleniya. Teoriya i praktika innovatsionnykh tekhnologij v APK: materialy natsional'noj nauchno-prakticheskoy konferentsii (Voronezh, 15-23 marta 2022 g.) [Modern concepts of control in the management system. Theory and practice of innovative technologies in agriculture: Proceedings of the National Research-to-Practice Conference (Voronezh, March 15-23, 2022)]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press. 2022;4:448-451. (In Russ.).
3. Kirichenko M. Sistemy vnutrennego kontrolya. Organizatsionnye aspekty postroeniya [Internal control systems. Organizational aspects of construction]. *Finansovaya gazeta (Mezhdunarodnyj ezhenedel'nik) = Financial Newspaper (International Weekly)*. 2013;11. URL: <https://base.garant.ru/57734540/>. (In Russ.).
4. Kuznetsova I.V. Reviziya kak metod gosudarstvennogo finansovogo kontrolya. Aktual'nye problemy i perspektivy razvitiya audita, bukhgalterskogo ucheta, ekonomicheskogo analiza i nalogooblozheniya: materialy natsional'noj (vserossijskoj) nauchno-prakticheskoy i metodicheskoy konferentsii (Voronezh, 07 noyabrya, 2019 g.) [Audit as a method of state financial control. Actual problems and prospects for the development of auditing, accounting, economic analysis and taxation: Proceedings of the National (All-Russian) Scientific, Practical and Methodological Conference (Voronezh, November 07, 2019)]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2019:56-59. (In Russ.).
5. Logvinova T.I., Filina E.V. Analiz metodicheskikh podkhodov k izucheniyu i otsenke sistemy vnutrennego kontrolya. Aprel'skie nauchnye chteniya imeni professora L.T. Gilyarovskoy: materialy XI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii (Voronezh, 08 aprelya 2022 g.) [Analysis of methodological approaches to the study and evaluation of the internal control system. April scientific readings named after Professor L.T. Gilyarovskaya: Proceedings of the XI International Research-to-Practice Conference (Voronezh, April 08, 2022)]. Voronezh: Voronezh State University Press. 2022;1:141-146. (In Russ.).
6. O bukhgalterskom uchete: Federal'nyj zakon ot 06.12.2011 № 402-FZ [On Accounting: Federal Law No. 402-FZ of 06.12.2011]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_122855/. (In Russ.).
7. Organizatsiya i osushchestvlenie ekonomicheskim sub"ktom vnutrennego kontrolya sovershaemykh faktov khozyajstvennoj zhizni, vedeniya bukhgalterskogo ucheta i sostavleniya bukhgalterskoj (finansovoj) otchetnosti: Informatsiya Minfina Rossii № PZ-11/2013 [Organization and implementation by an economic entity of internal control of the facts of economic life, accounting and preparation of accounting (financial) statements: Information of the Ministry of Finance of the Russian Federation No. PZ-11/2013]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156407/. (In Russ.).
8. Orlova O.E. Problema organizatsii vnutrennego kontrolya [The problem of the organization of internal control]. *Aktual'nye voprosy bukhgalterskogo ucheta i nalogooblozheniya = Actual issues of accounting and taxation*. 2012;6. URL: <https://base.garant.ru/58082928/>. (In Russ.).
9. Pankratova L.A. Formirovanie sistemy vnutrennego audita v kholdingovykh strukturakh [Formation of the internal audit system in holding structures]. *Auditor = Auditor*. 2013;1:23-28. (In Russ.).
10. Reznichenko S.M., Safonova M.F., Shvyreva O.I. Sovremennye sistemy vnutrennego kontrolya: uchebnoe posobie [Modern systems of internal control: study guide]. Krasnodar: Kuban State Agrarian University Press; 2016. 439 p. (In Russ.).

Информация об авторах

Т.И. Кателикова – кандидат экономических наук, доцент кафедры бухгалтерского учета и аудита ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», taisijakat@yandex.ru.

А.Н. Кателиков – кандидат экономических наук, доцент кафедры информационного обеспечения и моделирования агроэкономических систем ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», ankatel@yandex.ru.

Information about the authors

T.I. Katelikova, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Accounting and Auditing, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, taisijakat@yandex.ru.

A.N. Katelikov, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Information Support and Modeling of Economic Systems in Agriculture, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, ankatel@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 26.06.2023; одобрена после рецензирования 28.07.2023; принята к публикации 10.08.2023.

The article was submitted 26.06.2023; approved after reviewing 28.07.2023; accepted for publication 10.08.2023.

© Кателикова Т.И., Кателиков А.Н., 2023

Научная статья

УДК 339.727.6

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_3_269

EDN: HRAKRQ

**Возможности, особенности и риски использования
криптовалют предприятиями агропромышленного
комплекса в международных расчетах**

Владислав Владимирович Пшеничников¹

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

¹ wladwp@yandex.ru

Аннотация. Одним из объективных условий эффективного развития любой отрасли экономики служит наличие альтернативных вариантов сотрудничества с разными поставщиками и покупателями. В этой связи использование криптовалют предприятиями агропромышленного комплекса в международных расчетах может рассматриваться как новая альтернатива взаимодействия в стремительно меняющемся мире. Цель исследования заключается в выявлении и оценки возможностей, особенностей и рисков использования криптовалют предприятиями АПК России в международных расчетах. Методология исследования базируется на междисциплинарной интеграции знаний, включающих научные достижения в сферах экономики, юриспруденции, информационных и финансовых технологий. Предметом исследования выступили денежные отношения, возникающие между контрагентами международных экономических отношений. Перечислены причины расширения использования криптовалют в международных расчетах в контексте современных реалий. Наглядно представлены пилотные схемы проведения расчетов по импортным и экспортным операциям с использованием криптовалют. Описаны особенности использования криптовалют в международных расчетах: во-первых, в соответствии с действующим российским законодательством криптовалюты используются не как платежные средства, а как цифровые финансовые активы; во-вторых, использование криптовалют в международных расчетах формально увеличивает объем трансграничных платежей в национальных валютах; в-третьих, использование криптовалют в международных расчетах не является абсолютно анонимным и может отслеживаться всеми заинтересованными сторонами. Показаны возможные риски применения криптовалют в международных расчетах с учетом существующих правовых и экономических условий, которые на текущий момент количественно пока перевешивают возможные преимущества. Однако, принимая во внимание новизну технологий функционирования криптовалют и наличие общих для фиатных и цифровых валют рисков, можно ожидать дальнейшее развитие и распространение практики использования криптовалют в международных расчетах.

Ключевые слова: агропромышленные предприятия, блокчейн, криптовалюта, международные расчеты, платежные средства, финансовые технологии

Для цитирования: Пшеничников В.В. Возможности, особенности и риски использования криптовалют предприятиями агропромышленного комплекса в международных расчетах // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 3(78). С. 269–275. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_269–275.

Original article

**Opportunities, features and risks of using cryptocurrencies
by enterprises of Russian Agro-Industrial Complex
in international settlements**

Vladislav V. Pshenichnikov¹

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

¹wladwp@yandex.ru

Annotation. One of the objective conditions for the effective development of any branch of the economy is the availability of alternative options for cooperation with different suppliers and buyers. In this regard, the use of cryptocurrencies by agro-industrial enterprises in international settlements can be considered as a new alternative to interaction in a rapidly changing world. The purpose of the study is to identify and assess the opportunities, features

and risks of using cryptocurrencies by Russian agricultural enterprises in international settlements. The research methodology is based on the interdisciplinary integration of knowledge, including scientific achievements in the fields of economics, law, information and financial technologies. The subject of the study was monetary relations arising between counterparties of international economic relations. The reasons for the expansion of the use of cryptocurrencies in international settlements in the context of modern realities are listed. Pilot schemes for carrying out calculations on import and export operations using cryptocurrencies are clearly presented. The features of the use of cryptocurrencies in international settlements are described: firstly, in accordance with the current Russian legislation, cryptocurrencies are used not as means of payment, but as digital financial assets; secondly, the use of cryptocurrencies in international settlements formally increases the volume of cross-border payments in national currencies; thirdly, the use of cryptocurrencies in international settlements is not completely anonymous and can be monitored by all interested parties. The possible risks of using cryptocurrencies in international settlements are shown, taking into account the existing legal and economic conditions, which currently outweigh the possible advantages quantitatively. However, taking into account the novelty of cryptocurrency functioning technologies and the presence of risks common to fiat and digital currencies, we can expect further development and dissemination of the practice of using cryptocurrencies in international settlements.

Keywords: agro-industrial enterprises, blockchain, cryptocurrency, international settlements, means of payment, financial technologies

For citation: Pshenichnikov V.V. Opportunities, features and risks of using cryptocurrencies by enterprises of Russian Agro-Industrial Complex in international settlements. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(3):269-275. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_269-275.

Глубина интегрированности предприятий агропромышленного комплекса (АПК) России в мировое хозяйство настолько велика и значима, что не может быть настолько чувствительна к изменению геополитических реалий, как это наблюдается в других сферах, включая финансовую. Стратегия импортозамещения не предполагает отказ от свободной торговли [2, 7], а тенденции цифровизации сельского хозяйства охватывают весь производственный цикл, начиная от приобретения необходимых компонентов агропромышленного производства, заканчивая реализацией готовой продукции [8, 10].

Одним из объективных условий эффективного развития любой отрасли экономики является наличие альтернативных вариантов сотрудничества с разными поставщиками и покупателями. В этой связи использование криптовалют предприятиями АПК в международных расчетах может рассматриваться как новая альтернатива взаимодействия в стремительно меняющемся мире.

Использование криптовалют предприятиями АПК в международных расчетах обуславливается следующими обстоятельствами.

1. Изменением геополитической обстановки в мире, повлекшим за собой демонтаж складывавшихся не одно десятилетие мирохозяйственных связей. Примерами тому служат экономические санкции, введенные в отношении Российской Федерации и ее резидентов, среди которых:

- заморозка денежных средств и иных финансовых активов, номинированных в иностранных валютах и находящихся за пределами страны;
- уход из России международных платежных систем Visa и MasterCard;
- отключение от международной межбанковской системы передачи информации и совершения платежей SWIFT таких российских банков, как ВТБ, ВЭБ.РФ, Московский кредитный банк, Новикомбанк, Банк «Открытие», Промсвязьбанк, Россельхозбанк, Банк «Россия», Сбербанк, Совкомбанк.

Данная ситуация усугубляется также угрозой введения и/или введением вторичных санкций в отношении стран, игнорирующих антироссийские санкции и способствующих их обходу.

2. Проблемами использования в международных расчетах национальных валют, не относящихся к числу свободно конвертируемых. Использование таких валют в международных расчетах может быть оправданно только во взаимных расчетах между

двумя странами и при условии равновеликих стоимостных объемов экспортно-импортных поставок, что по объективным причинам практически недостижимо. В противном случае возникает проблема ликвидности, которая проявляется на стороне плательщика в виде дефицита национальной валюты получателя, либо избытком ликвидности национальной валюты плательщика на стороне ее получателя. Символическим примером служит поставка российской нефти в текущем году за индийские рупии. Образовавшийся избыток индийских рупий у российской стороны, оцениваемый в объеме около 39 млрд долларов США, не находит своего применения из-за отсутствия соответствующего стоимостного объема импорта в Россию из Индии, не может быть выведен за пределы индийской юрисдикции в силу замкнутости индийской рупии и не может быть обменен на свободно конвертируемые валюты в силу санкционных угроз.

3. Ростом стоимости, снижением скорости и ограниченной прозрачностью проведения трансграничных платежей, обусловленных обозначенными выше обстоятельствами, а также особенностями валютного контроля и регулирования в рамках отдельно взятых национальных юрисдикций.

4. Низким уровнем конкуренции и доступности недорогих финансовых продуктов мирового рынка. Сложившаяся к настоящему времени традиционная инфраструктура международных расчетов не отличается разнообразием инструментов для проведения трансграничных платежей. В обозримом будущем она может быть дополнена системой трансграничных платежей на основе цифровых валют центральных банков [4]. Однако на сегодняшний день проекты по созданию цифровых валют центральных банков находятся на стадиях разработки и пилотирования, что пока не решает проблему текущего момента.

Примером возможных схем использования криптовалют в международных расчетах для предприятий АПК служит запущенный с 1 июня 2023 г. пилотный проект ПАО Росбанк совместно с российским финтехсервисом В-Crypto. В качестве криптовалюты используется самый известный и популярный стейблкоин USDT (United States Dollar Tether), курс которого привязан к доллару США в пропорции 1 : 1 (рис. 1–5 [9]).

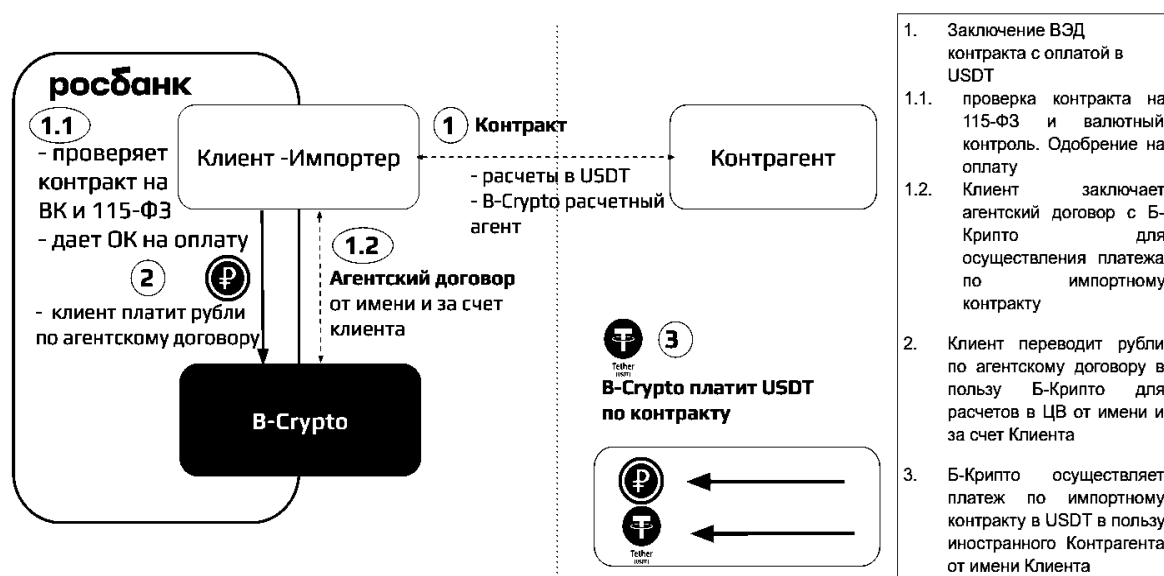


Рис. 1. Схема международных расчетов криптовалютой за импорт в случае, когда В-Crypto выступает расчетным агентом и контрагент получает криптовалюту

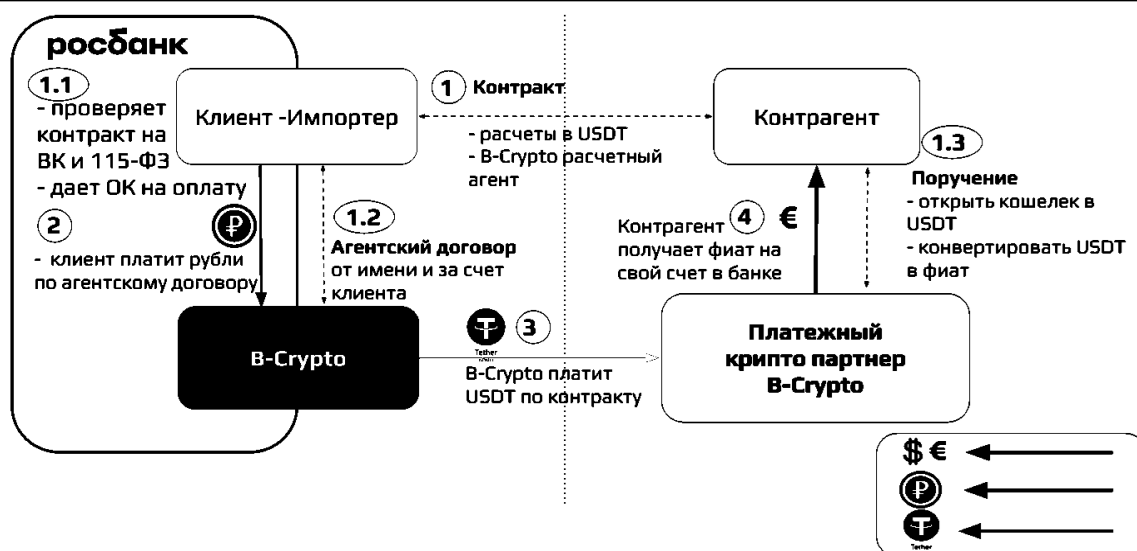


Рис. 2. Схема международных расчетов криптовалютой за импорт в случае, когда V-Crypto выступает расчетным агентом и контрагент получает фиатную валюту

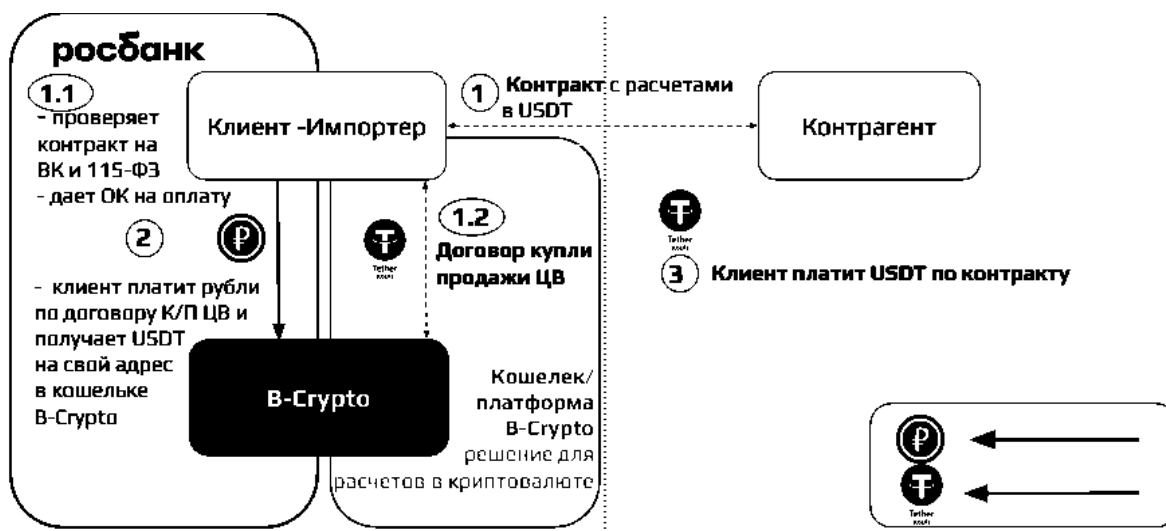


Рис. 3. Схема международных расчетов криптовалютой за импорт через кошелек V-Crypto

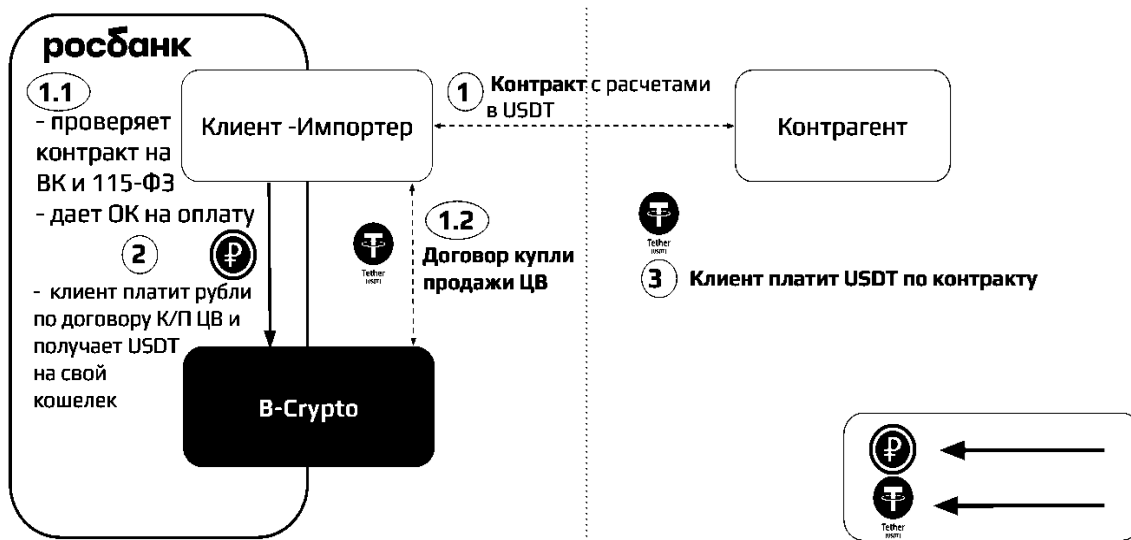


Рис. 4. Схема международных расчетов криптовалютой за импорт для одобренных комплаенс клиентов

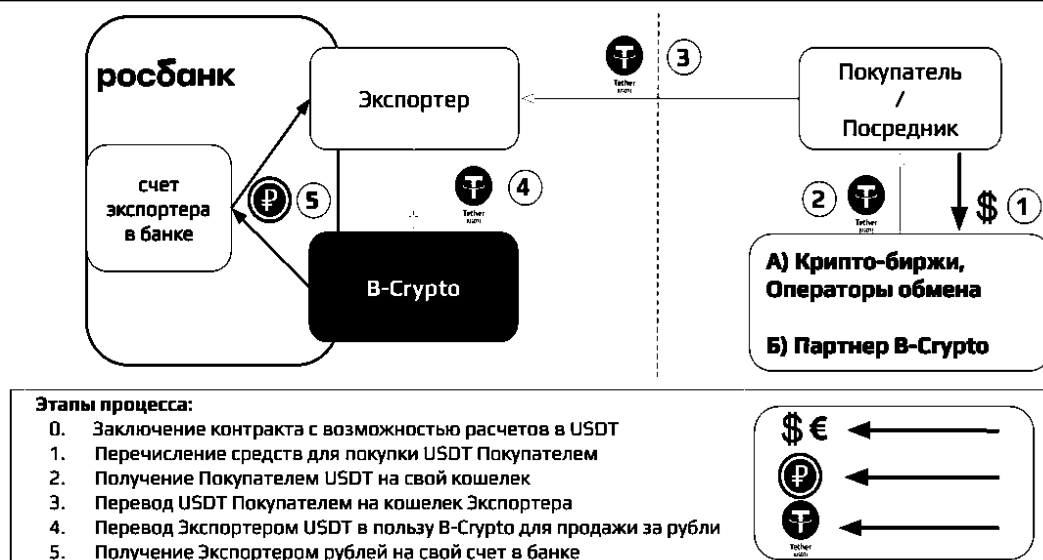


Рис. 5. Схема международных расчетов криптовалютой за экспорт

К рискам использования криптовалют предприятиями АПК в международных расчетах следует отнести:

1) различия в трактовках статуса криптовалют в национальных законодательствах контрагентов международных расчетов. На сегодняшний день не выработан единый подход различных национальных юрисдикций к определению криптовалют как объекта трансграничных правоотношений [1], не установлены правовые аспекты использования криптовалют как платежного средства при трансграничных расчетах [11], не зафиксировано соотношение между криптовалютами и безналичными денежными средствами [3], не определены подходы к налогообложению криптовалют и операций с ними [5];

2) отсутствие классического регулирования и надзора [6], а также требований к системе управления рисками не только на межгосударственном уровне, но и в рамках большинства национальных юрисдикций;

3) отсутствие механизмов правовой защиты и урегулирования споров между участниками международных расчетов;

4) концентрация услуг, сервисов, ресурсов и управления, ограничивающих конкуренцию и финансовую доступность в трансграничном аспекте;

5) ограниченная скорость обработки и подтверждения транзакций, приводящая к их удорожанию. В данном случае речь идет не о скорости документооборота, присущего традиционной инфраструктуре международных расчетов, а о технологических особенностях обработки транзакций в системе децентрализованных финансов. На текущий момент эксперты признают, что скорость обработки транзакций платежными системами Visa MasterCard примерно в 300 раз выше скорости обработки транзакций в блокчейне;

6) технические ошибки, технологические уязвимости и сбои;

7) отсутствие необходимых первоначальных знаний и опыта работы с криптовалютами;

8) мошенничество на криптовалютном рынке.

Перечисленные риски использования криптовалют в международных расчетах на текущий момент количественно перевешивают пока возможные преимущества. Однако, принимая во внимание новизну технологий функционирования криптовалют и наличие общих для фиатных и цифровых валют рисков, можно ожидать дальнейшего развития и распространения практики использования криптовалют в международных расчетах.

В контексте текущей геополитической ситуации при использовании криптовалют предприятиями АПК в международных расчетах следует упомянуть о следующих особенностях.

Во-первых, в соответствии с действующим российским законодательством криптовалюты используются не как платежные средства, а как цифровые финансовые активы. Таким образом, операции по покупке, продаже и обмену криптовалют на другие ценности осуществляются как операции с имуществом, а не с денежными средствами.

Во-вторых, использование криптовалют в международных расчетах формально увеличивает объем трансграничных платежей в национальных валютах. Это реализуется следующим образом. Плательщик инициирует трансграничный платеж, используя национальную валюту, которую он конвертирует в криптовалюту. Криптовалюта, существуя в виртуальном пространстве в виде математического кода, физически не находится ни в одной из национальных юрисдикций и, соответственно, не перемещается между ними. Получателю трансграничного платежа зачисляется в конечном итоге на его банковский счет его национальная валюта после соответствующей конвертации из криптовалюты.

В-третьих, использование криптовалют в международных расчетах не является абсолютно анонимным, как это может показаться на первый взгляд.

Действительно, перевод криптовалюты с одного кошелька на другой кошелек виден исключительно по кодовым ключам соответствующих кошельков, которые не отражают традиционные реквизиты плательщика и получателя криптовалюты. Однако идентификация владельцев кошельков с их традиционными реквизитами происходит либо при пополнении кошелька, либо при выводе средств из кошелька. Все транзакции любого кошелька хранятся в системе блокчейна и доступны для ознакомления всем участникам этой системы.

В рамках подготовки Правительством РФ плана по отказу от американского доллара и стимулирования использования российских рублей, то есть планируемой российским правительством дедолларизации российской экономики, актуален вопрос перспектив использования криптовалют в рамках трансграничных расчетов.

Выводы

Возможные риски применения криптовалют в международных расчетах с учетом существующих правовых и экономических условий на текущий момент количественно пока перевешивают возможные преимущества. Однако, принимая во внимание новизну технологий функционирования криптовалют и наличие общих для фиатных и цифровых валют рисков, можно ожидать дальнейшее развитие и распространение практики использования криптовалют в международных расчетах.

В рамках подготовки Правительством РФ плана по отказу от американского доллара и стимулирования использования российских рублей, то есть планируемой российским правительством дедолларизации российской экономики, актуален вопрос перспектив использования криптовалют в рамках трансграничных расчетов. Однако в Российской Федерации отсутствует регулирование криптоиндустрии, до сих пор не определен правовой аспект майнинга криптовалют.

Список источников

1. Брыкина С.А. Криптовалюта как объект трансграничных гражданских правоотношений // Бизнес. Образование. Право. 2023. № 2(63). С. 293–297. DOI: 10.25683/VOLBI.2023.63.648.
2. Денисов В.И. Возможности роста экономики агропромышленного комплекса при негативной динамике внешних условий развития // Экономическая наука современной России. 2023. № 1(100). С. 72–82. DOI: 10.33293/1609–1442-2023-1(100)-72-82.
3. Ким М.С. Гражданско-правовой режим криптовалюты: соотношение криптовалюты и безналичных денежных средств // Вопросы российской юстиции. 2022. № 20. С. 142–148.
4. Маслов А.В., Швандар К.В. Новые международные проекты по использованию цифровых валют центральных банков в трансформации трансграничных расчетов // Финансовый журнал. 2023. Т. 15, № 2. С. 47–58. DOI: 10.31107/2075-1990-2023-2-47-58.

5. Перетолчин А.П. Подходы к налогообложению криптовалют и операций с криптовалютой в законодательстве отдельных зарубежных государств // Вестник Восточно-Сибирского института МВД России. 2023. № 1(104). С. 80–89. DOI: 10.55001/2312–3184.2023.60.54.007.
6. Попова Е.М., Степкина Ю.А., Соловьев Н.А. Трансграничные платежи в криптовалюте в современных условиях // Финансы, деньги, инвестиции. 2023. № 2. С. 9–15. DOI: 10.36992/2222–0917_2023_2_9.
7. Порезанова Е.В. Особенности импортозамещения в российском агропромышленном комплексе // Cifra. Экономика. 2023. № 2(2). DOI: 10.23670/ECNMS.2023.2.12.
8. Провоторова Л.И. Цифровизация сельского хозяйства: перспективы и риски // Cifra. Экономика. 2023. № 2(2). DOI: 10.23670/ECNMS.2023.2.13.
9. Росбанк – Б-Крипто – Решения в криптовалюте [Электронный ресурс]. URL: https://www-conferences.com/wp-content/uploads/2023/02/3_Evgeniy-Kaplin-B-KRIPTO.pdf (дата обращения: 05.09.2023).
10. Салтанова Т.А., Митина И.А. Цифровая трансформация агропромышленного комплекса российской экономики // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). 2022. № 1(77). С. 45–51. DOI: 10.54220/v.rsue.1991–0533.2022.90.79.006.
11. Степанков С.Д. Правовые аспекты использования криптовалют как платежного средства при трансграничных расчетах // Евразийский юридический журнал. 2022. № 10(173). С. 164–167.

References

1. Brykina S.A. Kriptovalyuta kak ob'ekt transgranichnykh grazhdanskikh pravootnoshenij [Cryptocurrency as an object of cross-border civil relations]. *Biznes. Obrazovanie. Pravo = Business. Education. Law*. 2023;2(63):293-297. DOI: 10.25683/VOLBI.2023.63.648. (In Russ.).
2. Denisov V.I. Vozmozhnosti rosta ekonomiki agropromyshlennogo kompleksa pri negativnoy dinamike vneshnikh usloviy razvitiya [Opportunities for the growth of the Agro-Industrial Complex economy with negative dynamics of external development conditions]. *Ekonomicheskaya nauka sovremennoj Rossii = Economics of Contemporary Russia*. 2023;1(100):72-82. DOI: 10.33293/1609–1442-2023-1(100)-72-82. (In Russ.).
3. Kim M.S. Grazhdansko-pravovoj rezhim kriptovalyuty: sootnoshenie kriptovalyuty i beznalichnykh denezhnykh sredstv [Civil law regulation of cryptocurrencies: the ratio of cryptocurrencies and non-cash money]. *Voprosy rossiyskoj yustitsii = Issues of Russian Justice*. 2022;20:142-148. (In Russ.).
4. Maslov A.V., Shvandar K.V. Novye mezhdunarodnye proekty po ispolzovaniyu tsifrovyykh valyut tseentralnykh bankov v transformatsii transgranichnykh raschetov [New international projects on the use of central bank digital currencies in transforming cross-border settlements]. *Finansovyy zhurnal = Financial Journal*. 2023;15(2):47-58. DOI: 10.31107/2075-1990-2023-2-47-58. (In Russ.).
5. Peretolchin A.P. Podkhody k nalogooblozheniyu kriptovalyut i operatsiy s kriptovalyutoy v zakonodatelstve otdelnykh zarubezhnykh gosudarstv [Approaches to taxation of cryptocurrencies and cryptocurrency transactions in the laws of selected foreign countries]. *Vestnik Vostochno-Sibirskogo instituta MVD Rossii = Vestnik of the East Siberian Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia*. 2023;1(104):80-89. DOI: 10.55001/2312–3184.2023.60.54.007. (In Russ.).
6. Popova E.M., Stepkina Yu.A., Soloviev N.A. Transgranichnye platezhi v kriptovalyute v sovremennykh usloviyakh [Cross-border payments in cryptocurrency in modern conditions]. *Finansy. Dengi. Investitsii = Finance. Money. Investments*. 2023;2:9-15. DOI: 10.36992/2222–0917_2023_2_9. (In Russ.).
7. Porezanova E.V. Osobennosti importozameshcheniya v rossiyskom agropromyshlennom komplekse [Specifics of import substitution in the Russian Agro-Industrial Complex]. *Cifra. Ekonomika = Cifra. Economics*. 2023;2(2). DOI: 10.23670/ECNMS.2023.2.12. (In Russ.).
8. Provotorova L.I. Tsifrovizatsiya selskogo khozyaystva: perspektivy i riski [Digitalization of agriculture: prospects and risks]. *Cifra. Ekonomika = Cifra. Economics*. 2023;2(2). DOI: 10.23670/ECNMS.2023.2.13. (In Russ.).
9. Rosbank – B-Kripto – Resheniya v kriptovalyute [Rosbank – B-Crypto Solutions in Cryptocurrency]. URL: https://www-conferences.com/wp-content/uploads/2023/02/3_Evgeniy-Kaplin-B-KRIPTO.pdf. (In Russ.).
10. Soltanova T.A., Mitina I.A. Tsifrovaya transformatsiya agropromyshlennogo kompleksa rossiyskoj ekonomiki [Digital transformation of the agro-industrial complex of Russian economy]. *Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta (RINKh) = Vestnik of Rostov State University of Economics (RINH)*. 2022;1(77):45-51. DOI: 10.54220/v.rsue.1991–0533.2022.90.79.006. (In Russ.).
11. Stepankov S.D. Pravovye aspekty ispolzovaniya kriptovalyut kak platezhnogo sredstva pri transgranichnykh raschetakh [Legal aspects of using cryptocurrencies as means of payment in cross-border settlements]. *Evraziyskij yuridicheskij zhurnal = Eurasian Law Journal*. 2022;10(173):164-167. (In Russ.).

Информация об авторе

В.В. Пшеничников – кандидат экономических наук, доцент кафедры финансов и кредита ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», wladwp@yandex.ru.

Information about the author

V.V. Pshenichnikov, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Finance and Credit, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, wladwp@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 23.08.2023; одобрена после рецензирования 24.09.2023; принята к публикации 26.09.2023.

The article was submitted 23.08.2023; approved after reviewing 24.09.2023; accepted for publication 26.09.2023.

© Пшеничников В.В., 2023

Научной библиотеке ВСХИ (ВГАУ) 110 лет. Первые сотрудники НБ

Научная библиотека ВГАУ в сентябре 2023 г. встретила свой 110-летний юбилей. В связи с этим событием вспомним историю создания библиотеки и ее первых сотрудников.

В первом томе Записок Воронежского сельскохозяйственного института Императора Петра I, вышедших в 1916 г., в кратком отчете помощника директора профессора А.С. Саноцкого о состоянии института ко дню открытия среди 20 служащих указаны должности библиотекаря и помощника библиотекаря [3, с. 65]. В этом же томе, в отчете на 1 января 1914 г. среди служащих указывается библиотекарь, окончивший полный курс наук в Императорском Петроградском Университете с дипломом 2-й степени, – Владимир Яковлевич Закс (рис. 1).

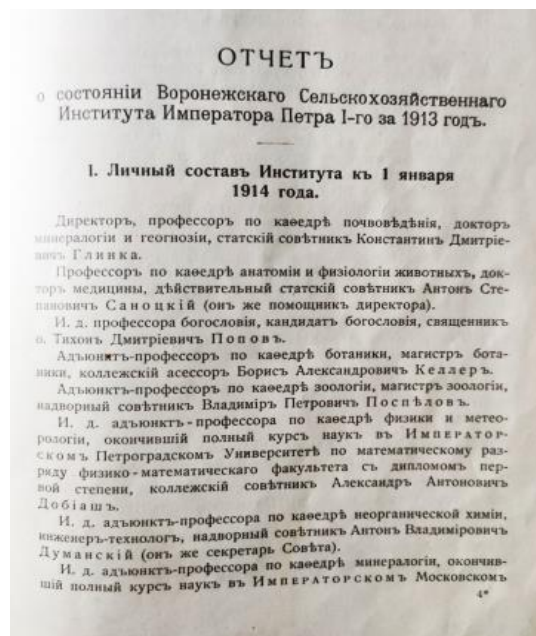
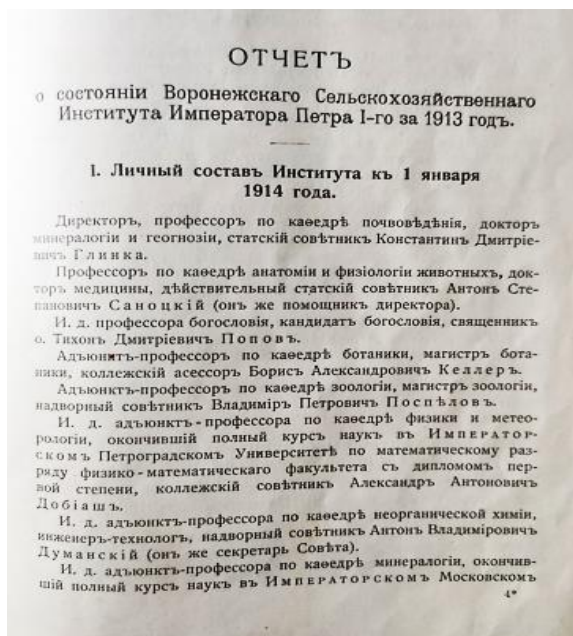


Рис. 1. Записки сельскохозяйственного института Императора Петра I в Воронеж. Москва, 1916. Т. 1. 75 с. Отчет о состоянии Воронежского сельскохозяйственного института Императора Петра I за 1913 год // Записки сельскохозяйственного института Императора Петра I в Воронеж. Москва, 1916. Т. 1. С. 52

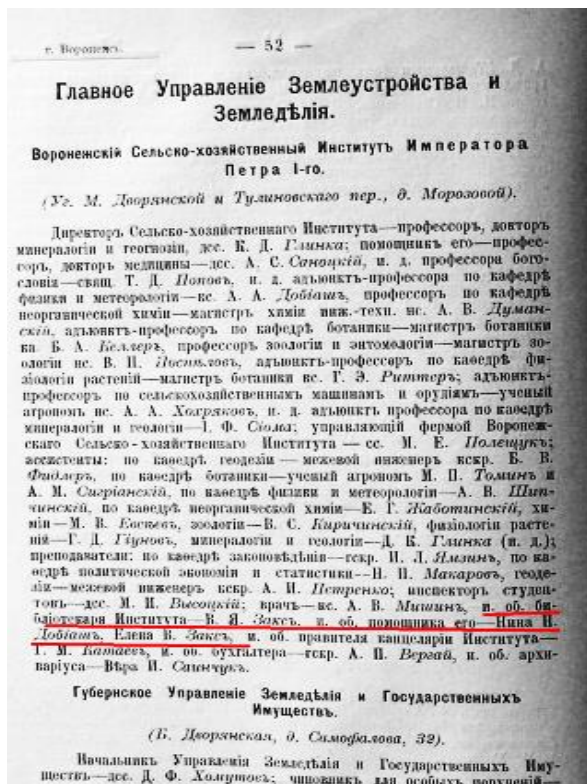


Рис. 2. Упоминание сотрудников Библиотеки Воронежского сельскохозяйственного института на странице «Памятной книжки Воронежской губернии на 1915 г.»

Журнал «Искры» при газете «Русское слово» впервые опубликовал широко известные фотографии [8, с. 302] этого здания и первых сотрудников вуза в 1915 г. под названием «Новый рассадник сельскохозяйственных знаний» (рис. 3, 4).



Рис. 3. Новый рассадник сельскохозяйственных знаний // Искры: [журнал при газете «Русское Слово»]. 1913. № 38 (29 сентября). С. 302

В Памятной книжке Воронежской губернии на 1915 г. перечислены имена уже трех сотрудников [9, с. 52]. Это библиотечарь В.Я. Закс и 2 помощника библиотечаря: Елена Закс (жена Владимира Яковлевича) и Нина Добиаш (рис. 2).

Второй помощник библиотечаря – Нина Николаевна Добиаш, жена основателя кафедры физики ВСХИ, профессора А.А. Добиаша.

В государственных организациях России служба женщин была под запретом до 1917 г., по вольному найму их также принимали неохотно. Возможно, сыграло роль то, что они обе были не только женами служащих института, но и имели прекрасное образование – Высшие женские (Бестужевские) курсы, а Нина Добиаш – опыт работы помощником библиотечаря этих курсов.

Корпуса вуза в Воронеже еще не существовало, и институт располагался в арендованной части бывшего здания гимназии С.М. Морозовой на углу Малой Дворянской и Тулиновского переулка (ныне школа № 28).



Рис. 3. Новый рассадник сельскохозяйственных знаний (фрагмент)

На 1913/14 учебный год для оборудования библиотеки была выделена сумма в 32 000 руб., значительная часть которой была израсходована на приобретение самых необходимых учебных пособий [3, с. 8].



Рис. 4. Фотография первых сотрудников ВСКХИ из журнала «Искры». На фото библиотекарь В.Я. Закс (стоит слева третий) и помощник библиотекаря Н.Н. Добиаш (сидит слева вторая)

Библиотека размещалась на втором этаже здания гимназии. 22 сентября 1913 г. началась выдача книг. Работала библиотека 3 раза в неделю от 11:00 до 13:00.

В дар библиотеке поступили книги и авторские труды от научных сотрудников ВСКХИ, различных учреждений и земств [3, с. 65]. Среди них были книги от К.Д. Глинки, Б.А. Келлера, В.П. Поспелова, А.А. Добиаша, А.В. Думанского и других профессоров. Библиотека пополнилась дарственными книгами от Государственной думы, военно-топографического отделения Главного управления Генерального штаба, высших учебных заведений страны. Даже губернские земства – Екатеринославское, Смоленское, Вологодское, Петроградское, Воронежское и др. – прислали институту книги (рис. 5).

8. Библиотека. Къ 1-му января 1914 года въ библиотеку было:

Книгъ: законченныхъ сочинений	1.456 назв.	1.839 том.	8.023 р.	44 к.
" " " "	213 "	606 "	3.954 "	24 "
Периодическихъ изданій	289 "	2.278 "	10.092 "	15 "
Всего	1.958 назв.	4.723 том.	22.069 р.	83 к.

Мебель 1.322 руб. — коп.
Переплеть книгъ 548 " 35 "

Въ даръ поступили авторскіе труды отъ слѣдующихъ лицъ:

В. М. Бензина, И. П. Бородина, М. Веневитинова, К. Д. Глинки, Е. Н. Добржинскаго, А. А. Добіаша, А. В. Думанскаго, А. С. Ермолова, Л. А. Золотарева, В. Карпенко, И. Маркова, М. М. Орлова, А. Пономарева, Т. Д. Попова, В. П. Поспѣлова, Б. Скабалонича, И. Якимова.

Книги поступили отъ слѣдующихъ лицъ:

П. Н. Балашова, И. П. Бородина, К. Д. Глинки, А. А. Добіаша, А. В. Думанскаго, А. С. Ермолова, Л. А. Золотарева, П. Н. Искова, Б. А. Келлера, И. Маркова, В. П. Поспѣлова.

Отъ слѣдующихъ учреждений:

Государственной Думы, Государственного Совѣта, Главнаго Управленія Землеустройства и Земледѣлія, Министерства Финансовъ, Центральнаго Статистическаго Комитета М. В. Д., Военно-Топографическаго Отдѣла Главнаго Управленія Генеральнаго Штаба, Николаевской Главной Физической Обсерваторіи, Института Экспериментальной Медицины, Полтавскаго Общества Сельскаго Хозяйства, Русскаго Этномологическаго Общества, Докучаевскаго Почвеннаго Комитета, Южно-Русскаго Общества Поощренія Земледѣлія и Сельскохозяйственной Промышленности, Императорскаго Россійскаго Общества Садоводства, Уральскаго Об-

Рис. 5. Записки сельскохозяйственного института Императора Петра I в Воронеже. Москва, 1916. Т. 1. С. 65

К 1 января 1914 г. в библиотеке было 1 958 названий книг на сумму 22 069 руб. 83 коп. С момента открытия библиотеки по 1 января 1914 г. всего было выдано 399 книг, брали книги из библиотеки 74 студента.

В течение 1913 г. на содержание библиотеки, выписку газет и журналов было израсходовано 2 147 руб. 38 коп.

В 1916 г. на отведенной для института земле вырос комплекс зданий. В Главном корпусе под библиотеку были отведены специальные помещения (второй и третий этажи в центре северной части), в которых она располагается и сегодня. В профессорско-преподавательском корпусе на территории института проживали служащие ВСХИ, в том числе и сотрудники библиотеки со своими семьями (рис. 6).



Рис. 6. Общий вид комплекса ВСХИ (1916 г.)

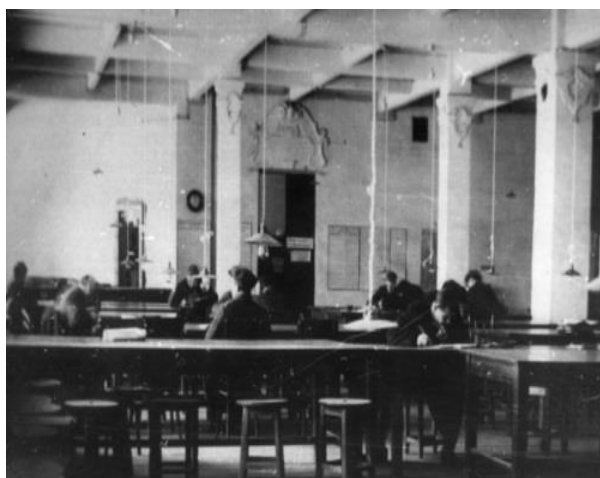
Организатором и первым директором библиотеки (1913–1935) стал Владимир Яковлевич Закс, сделавший многое для ее развития. Человек эрудированный, талантливый ученый, он прекрасно знал русскую и иностранную литературу (рис. 7).



**Рис. 7. Директор библиотеки ВСХИ (20-е годы)
Владимир Яковлевич Закс (21.06 (3.07) 1885–1937)**

Благодаря В.Я. Заксу, неутомимому и квалифицированному работнику, была собрана обширная фундаментальная библиотека (к концу тридцатых годов фонд библиотеки составлял около 500 тыс. экземпляров), налажены связи с зарубежными странами по книгообмену.

На рисунке 8 представлено, как выглядела библиотека ВСХИ в годы работы В.Я. Закса.



а



б

Рис. 8. Читальные залы библиотеки для студентов, преподавателей и научных сотрудников на втором (а) и третьем (б) этажах Главного корпуса ВСХИ, 1928 г.

Академик Борис Келлер в своей юбилейной речи 18 ноября 1928 г. сказал: «... Разве можно умолчать о той прекрасной библиотеке, которую создал в стенах СХИ В.Я. Закс, вложивший в нее не только свои силы, но и значительную часть своей жизни, своей крови в буквальном смысле. Эта библиотека – одна из крупных культурных ценностей ЦЧО ...» [4, с. 20].

Личность и деятельность первого директора библиотеки ВСХИ, воронежского библиографа В.Я. Закса и в настоящее время представляет интерес. Возможность рассказать о нем подробнее появилась благодаря многолетним поискам документов, раскрывающих его биографию. В результате этой работы удалось разыскать потомков семьи В.Я. Закса, и в 2010 г. Научную библиотеку ВГАУ посетили его внуки.

Родился Владимир Яковлевич 21 июня (3 июля по новому стилю) 1885 г. в маленьком уездном городке Порхов Псковской губернии в большой семье уездного врача Якова Григорьевича Закса, который был заметной фигурой в городе, поскольку в течение ряда лет был единственным врачом уездной больницы. Мать Владимира Яковлевича Феодора Христиановна была домохозяйкой. Своим сыновьям они обеспечили возможность получить высшее образование в Петербургском университете.

Брат Владимира Арт Закс известен как выдающийся педагог и краевед, организатор экскурсионного дела в СССР. Второй брат (Борис Закс) занимался историей революционного движения, был профессором, работал заместителем директора в Музее Революции СССР и Историческом музее.

О детских годах Владимира Закса сведений найти не удалось, но, скорее всего, в первой своей половине они прошли в Порхове, где до 1893 г. жили его родители. Владимир был младшим из шестерых детей. В 1893 г. семья переехала в Санкт-Петербург. Но вскоре, когда Володе было 11 лет, отец умер. Возможно, в это время они переехали в Псков, где в гимназии учился средний брат Борис и работала старшая сестра.

Владимир Закс в 1903 г. был зачислен в Петербургский Университет и позднее окончил естественное отделение физико-математического факультета с дипломом 2-й степени по специальности биология.

Еще будучи студентом столичного университета, Владимир Яковлевич не мог остаться в стороне от предреволюционных настроений студенчества того времени. Известно, что вместе с братом Борисом летом 1904 г. он входил в группу из 9 студентов, которая занималась выпуском и распространением прокламаций в Пскове. Всего было выпущено 3 таких прокламации. Однако осенью 1904 г. группа прекратила свое существование в связи с отъездом участников на учебу.

В архиве Петербургского Университета родственникам удалось найти личное дело студента Закса. Среди документов оказались фотография, прошение о принятии в университет, свидетельство об окончании, студенческий билет и другие документы, которые помогли узнать биографию В.Я. Закса (рис. 9).

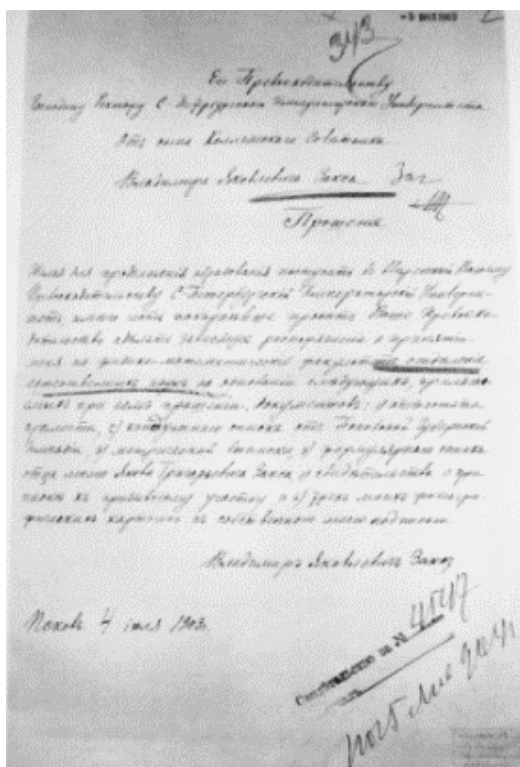


а

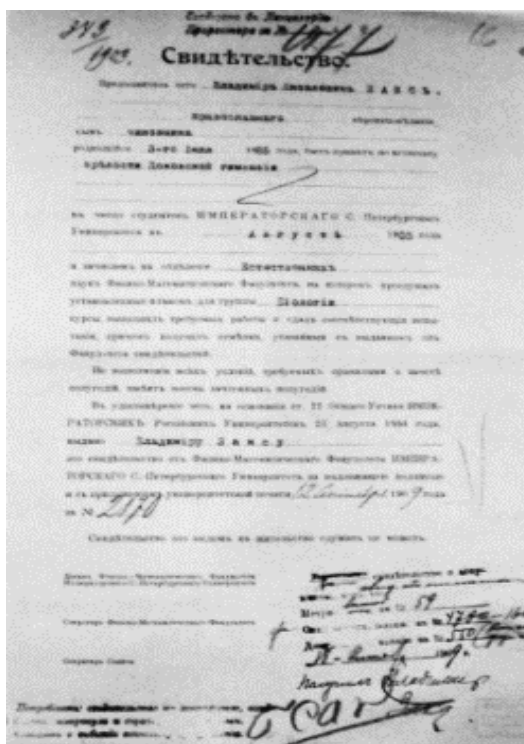


б

Рис. 9.1. В.Я. Закс в 1908 г. (а) и его студенческий билет (б)



а



б

Рис. 9.2. Прошение В.Я. Закса о принятии в С.-Пб. Университет (а) и свидетельство об окончании С.-Пб. Университета (б)

В.Я. Закс рано проявил себя как ученый. Уже в 1913 г. в издательстве «Жизнь для всех», возглавлявшемся известным либеральным издателем и журналистом В.А. Поссе, в соавторстве с популярным русским поэтом эсером С.А. Басовым-Верхоянцевым (1869–1952) выходит его книга «Начатки познания России» [2]. Главы о климате и органическом мире России написаны В.Я. Заксом (рис. 10).

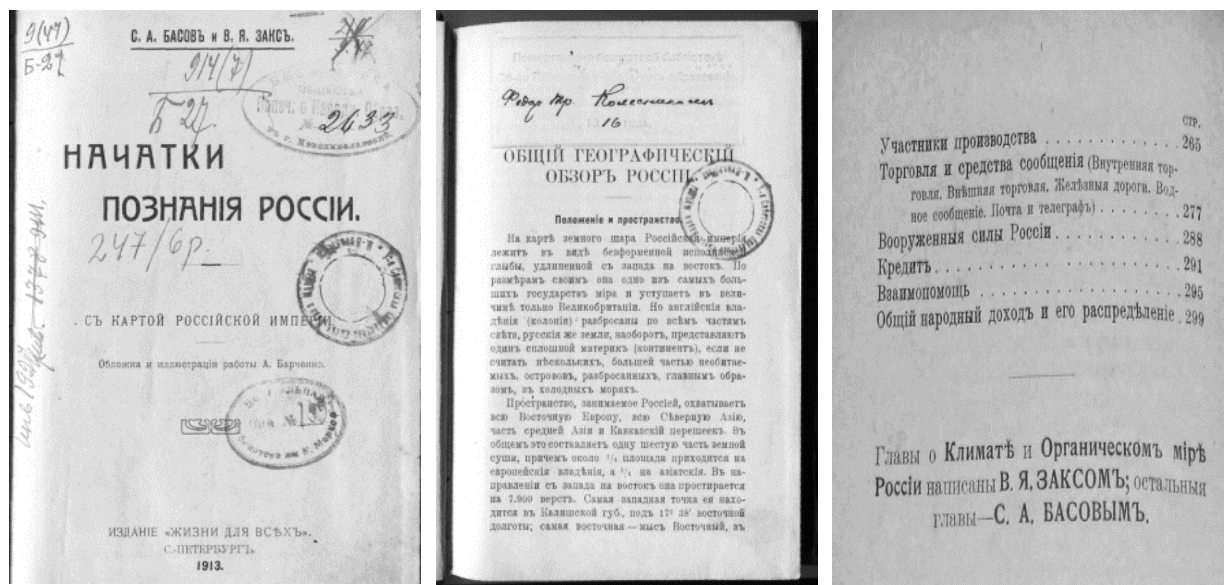


Рис. 10. Басов С.А., Закс В.Я. Начатки познания России: с картой Российской империи. Обложка и иллюстрации работы А.В. Барченко. Санкт-Петербург: Издание «Жизни для всех», 1913. 304 с.

Иллюстрировал книгу А.В. Барченко (1881–1938) – литератор и нейрофизиолог, известный ученый-эзотерик, необычайно яркая фигура в России начала XX в. (рис. 11). Это издание было приобретено в книжный фонд, и в настоящее время с ним можно познакомиться в Экспозиционно-выставочном центре Научной библиотеки ВГАУ.

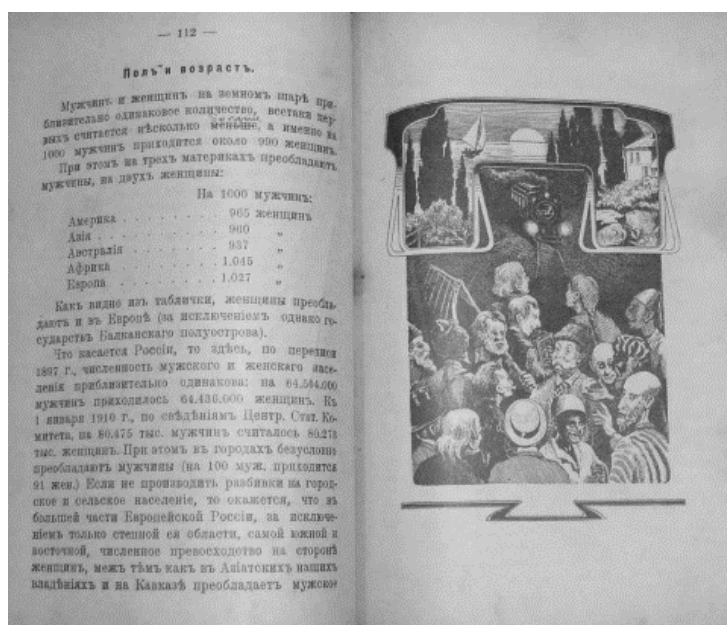
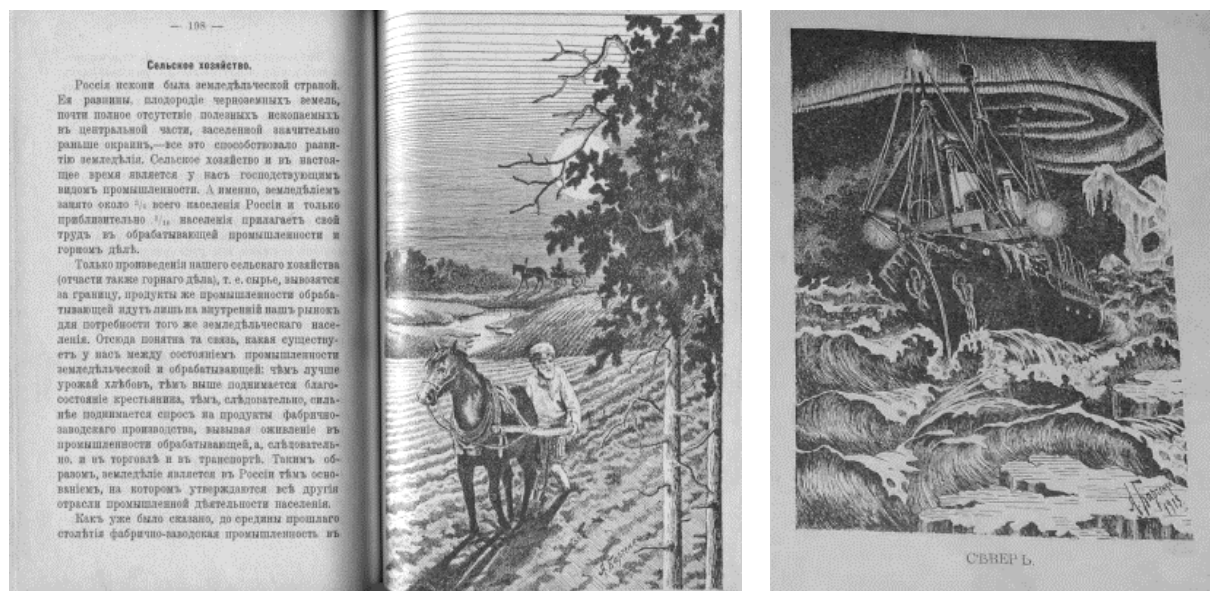


Рис. 11. Иллюстрации А.В. Барченко

Значителен вклад В.Я. Закса в региональное библиографическое наследие. Сам он определил свои интересы как библиотекосведение и библиография в справочнике «Наука и научные работники СССР» (Ленинград, 1927) и был одним из немногих, кто занимался регистрацией литературы по проблемам сельского хозяйства России.

В 1919 г. вместе с женой Еленой Владимировной Закс он участвует в создании указателя «Woronica: Перечень литературы, имеющей отношение к экономической и хозяйственной жизни Воронежской губернии» [14]. Над указателем Woronica супруги Закс работали вместе с В.В. Литвиновым (рис. 12).

Весь материал был разбит на большие разделы, содержащие литературу, посвященную климату, геологии, почвам, флоре и фауне, садоводству и огородничеству, полеводству, лесоводству, статистике, промышленности, кооперации, торговле, строительству и другим отраслям хозяйства ЦЧО.

Анализируя построение указателя, следует сказать о глубоко продуманном расположении материала в нем, о простоте пользования литературой, отраженной на его страницах.

«Указатель литературы о природе и хозяйстве Центрально-Черноземной области», подготовленный В.Я. Заксом, и сегодня является одним из основных источников для изучения экономики, природы, сельского хозяйства, истории нашего края XIX – первой четверти XX в. В 2012 г. Научной библиотекой ВГАУ была получена электронная копия указателя, которая в настоящее время доступна в Электронном каталоге.

Указатель создал В.Я. Заксу репутацию «лучшего знатока литературы по ЦЧО». Планировался выпуск третьего тома, в который должна была войти литература о народном образовании, народном здравии, путях сообщения. Работа уже была подготовлена в рукописи.

Однако библиографическая деятельность В.Я. Закса была прервана 28 апреля 1935 г. – его арестовали сотрудники местного управления НКВД прямо на работе. Рукопись последнего тома была изъята при обыске и в дальнейшем пропала.

Для преподавательского корпуса ВСХИ и особенно той его части, которая сформировалась после создания института и в 20-е годы, арест В.Я. Закса, одного из старейших работников вуза, был чувствительным ударом [10, с. 114].

В статье «Подозрительные краеведы» А.Н. Акиншин в 1993 г. писал: «Верный своим политическим пристрастиям, он в июле 1917 г. баллотировался в городскую думу Воронежа от эсеровской организации с аттестацией «беспартийный социалист». При голосовании проиграл сопернику, но след от участия в выборной кампании остался в газете «Социалист-революционер». Впоследствии этот факт сыграл роковую роль в его судьбе» [1, с. 85].

Всплыл факт участия в выборах в городскую думу. Следствие интересовалось связями с видным эсером Ю.Н. Подбельским, который жил в 1934 г. в Воронеже, встречами с членами местной организации ТКП, разгромленной в 1930 г. Среди них были родственники, близкие друзья и коллеги по работе в институте. Это послужило причиной ареста.

Особый интерес представляют показания Закса, которые позволяют увидеть в нем убежденного демократа, размышлявшего над тем, что окружало его в последние годы и с чем он не мог согласиться.

На допросах 3 и 13 мая 1935 г. он отрицал не только существование контрреволюционной организации, но и наличие каких-либо антисоветских взглядов у тех своих знакомых, кто оказался в списках УНКВД. Закс не знал, что трое из арестованных являются провокаторами, агентами-осведомителями, перед которыми была поставлена задача сфабриковать дело против Подбельского и его окружения. Эта подоплека стала явной в 1956 г. при пересмотре обвинения и нашла отражение в материалах трехтомного следственного дела.

19 мая под нажимом следователей Закс дает показания о контрреволюционных высказываниях Подбельского. В тот же день идет допрос жены Закса, вопросы те же – о круге общения мужа, о подпольных эсеровских собраниях.

2 июля 1935 г. В.Я. Заксу сообщается об окончании следствия и предъявляется обвинение как участнику контрреволюционной нелегальной организации, ставившей целью свержение Советской власти и установление буржуазно-фашистского строя (ст. 58, пп. 10 и 11).

В.Я. Закс признал себя виновным только в том, что допускал со стороны Подбельского антисоветские высказывания и не пресекал их. Следствие по делу завершилось в канун 50-летия (3 июля) Закса.

Его приговорили к трехгодичной ссылке в Алма-Ату, оттуда этапировали в Кустанай, где 15 ноября 1937 г. В. Я. Закс был вторично арестован. Опять его обвиняли в участии в конспиративных сборищах как активного в прошлом эсера. Донос оказался достаточным для того, чтобы «тройка» при Кустанайском УНКВД 27 ноября 1937 г. приговорила его к расстрелу. Приговор был приведен в исполнение в тот же день.

Так оборвалась жизнь талантливого краеведа и библиографа.

Реабилитация по воронежскому и кустанайскому делам последовала 20 лет спустя после гибели В.Я. Закса.

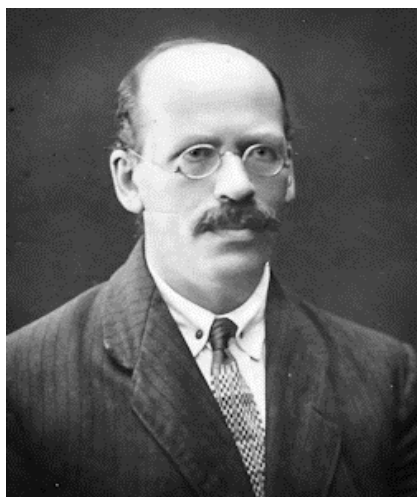


Рис. 14. В. Я. Закс
(21.06 (3.07)1885 – 27.11.1937)

Семья Владимира Яковлевича Закса состояла из жены и сына Алексея. Он был женат на старшей дочери общественного деятеля, журналиста и литератора В.А. Поссе Елене.

Елена Владимировна окончила юридическое отделение знаменитых Высших женских (Бестужевских) курсов.

Молодая пара, видимо, получила предложение работать в библиотеке только что созданного Воронежского сельскохозяйственного института. Известно, что первых сотрудников вуза подбирал директор института профессор К. Д. Глинка (рис. 15).

В Воронеже, помимо работы помощником библиотекаря ВСХИ, Е.В. Закс (рис. 16) заведовала лекторской секцией в губернской советско-партийной школе и вела методику лекторского дела. С ней был знаком и у нее в 1921 г. обучался курсант Андрей Платонов – выдающийся писатель, уроженец нашего города [6, с. 143].



Рис. 15. Владимир Яковлевич Закс с женой Еленой Владимировной Поссе (1910-е гг.)



Рис. 16. Елена Владимировна Закс (Поссе) (1888–1969)

Семья Заксов жила в профессорско-преподавательском корпусе в одной из квартир на 2-м этаже (рис. 17).



Рис. 17. Профессорский корпус и корпус служителей, 20-е годы

В Воронеже в 1913 г. родился единственный сын семьи Заксов – Алексей Закс (рис. 18).

По воспоминаниям родственников, Елена Владимировна Закс была очень общительной женщиной. Ближайшей ее подругой стала Мария Федоровна Якушкина (жена профессора И.В. Якушкина) (рис. 19).

Дружеские отношения с семьей профессора Якушкина Елена Поссе сохранила на всю жизнь. Они переписывались все последующие годы.



Рис. 18. Елена Владимировна (справа) с сыном Алёшей и его няней (Воронеж, ориентировочно 1916 г.)



Рис. 19. Алексей Владимирович Закс, Елена Владимировна Поссе (слева) еще в надежде на счастливый исход (июнь, 1937 г.)

Характеризует Владимира Яковлевича как человека тот факт, что еще в период ссылки он каким-то образом уговорил жену оформить развод и вернуть свою девичью фамилию Поссе. Это было мудрое и дальновидное решение человека, достаточно ясно понимавшего, что происходит в стране. Таким образом, для жены и сына арест В.Я. Закса не имел серьезных последствий.

В послевоенный период Елена Владимировна Поссе жила в Москве. Она имела звание «Заслуженного учителя РСФСР», была методистом городского масштаба и инспектировала школы в части преподавания литературы и русского языка, а в последние годы жизни возглавляла Московское объединение выпускниц Высших женских (Бес-тужевских) курсов. Е.В. Поссе скончалась летом 1969 г., так и не узнав о судьбе своего мужа, даже спустя 32 года после его гибели.



Рис. 20. Елена Владимировна Поссе в последние годы жизни

В 2018 г. сотрудники Научной библиотеки ВГАУ приняли участие в заседании круглого стола и выставке «Библиотекари – жертвы политических репрессий в СССР», который состоялся в Центре социально-политической истории, филиале ГПИБ России.

Мероприятие было организовано совместно с Секцией по истории библиотек Российской библиотечной ассоциации. К участию в мероприятии были приглашены библиотечные работники, исследователи, преподаватели вузов, журналисты, представители общественных организаций.

Одной из тем на повестке обсуждения была подготовка биобиблиографической электронной базы данных «Библиотекари – жертвы политических репрессий».

К круглому столу была приурочена презентация выставки «Дело библиотекарей: Библиотекари – жертвы большого террора в СССР». В экспозиции представлены материалы, рассказывающие о трудах и судьбах библиотекарей, расстрелянных, арестованных или уволенных с работы в конце 20–30-х гг. XX в., в том числе и о Владимире Яковлевиче Заксе.



Рис. 21. Круглый стол «Библиотекари – жертвы политических репрессий в СССР», 25 января 2018 г., Центр политической истории – филиал Государственной публичной исторической библиотеки России (ГПИБ)

Вторым помощником библиотекаря ВСХИ стала Нина Николаевна Добиаш, (урожденная Кремлева), жена известного ученого, профессора А.А. Добиаша, организатора кафедры физики ВСХИ (ВГАУ).



Рис. 22. Нина Николаевна Добиаш (урожденная Кремлева) (сидит в центре) (1877 – ?)

Нина Николаевна Добиаш (1877 – не ранее 1930), урожденная Кремлева – дочь ректора Казанского университета, профессора римского права Николая Александровича Кремлева [5, с. 72].

В семье Кремлевых высоко ценили образованность. Выходец из богатой купеческой среды, Н.А. Кремлев всем своим детям обеспечил возможность получения прекрасного образования.

Нина Николаевна в 1896 г. окончила Казанскую женскую гимназию. Поступила на историко-филологическое отделение Высших женских курсов, которые окончила в 1902 г., после чего была оставлена на кафедре истории Рима на 2 года [11].

Летом 1903 г. Н.Н. Кремлева слушала лекции в университетах Германии и Австрии. В 1904–1906 гг. участвовала в качестве делегата во Всероссийских съездах союзов деятелей средней и низшей школы. С 1906 по 1910 г. преподавала в городских начальных училищах Петербурга.

В 1910–1913 гг. Нина Николаевна работала помощником заведующего библиотекой историко-филологического семинария Высших женских курсов.

Вот что пишет Е.Н. Чехова, выпускница этих курсов, в своих воспоминаниях: «Высшие женские курсы дали целую плеяду женщин-ученых, великолепных учительниц средней школы, общественных деятелей», – и, перечисляя множество имен, отмечает среди них Нину Николаевну. – Вспомним помощницу библиотекаря Н.Н. Кремлеву, которая была общественной деятельницей, принимала активное участие в нелегальном Учительском союзе 1906–1907 гг.» [7, с. 48].

В брак с А.А. Добиашем Н.Н. Кремлева вступила после 1909 г.

Нину Николаевну связывала тесная дружба с Ольгой Антоновной Добиаш-Рождественской, сестрой мужа, известным медиевистом, профессором Сорбонны и первой русской женщиной, членом-корреспондентом Академии наук.



**Рис. 23. Нина Николаевна Добиаш (слева)
и Ольга Антоновна Добиаш-Рождественская**

Н.Н. Добиаш написала несколько работ по истории римского землевладения: «Характеристика различных типов землевладения крупной и средней собственности», ряд статей в словаре Брокгауза и Ефрона и «Просвещения», переводила под редакцией М.И. Ростовцева и Э.Д. Гримма римские и греческие очерки.

В 1913 г. А.А. Добиаш был назначен на должность профессора и заведующего кафедрой во вновь организуемый Сельскохозяйственный институт в г. Воронеже.

С 1913 по 1923 г., в течение 10 лет, Нина Николаевна работала помощником библиотекаря Воронежского сельскохозяйственного института. В 1923 г. она вместе с мужем вернулась в Ленинград. В этом же году прошла краткосрочные курсы библио-

точных инструкторов и с 19 июля 1923 г. начала работать научным сотрудником 2-го разряда в Историческом отделении Публичной Библиотеки (ныне РНБ).

В апреле 1924 г. Правлением Библиотеки было принято решение об избрании Н.Н. Добиаш научным сотрудником. В 1924 г. Добиаш входила в состав группы по каталогизации книг Русского отделения и читального зала, затем была откомандирована из Отделения истории в Русское отделение для каталогизации.

В Публичной Библиотеке Н.Н. Добиаш работала до 2 января 1930 г.

Дальнейшая судьба Н.Н. Добиаш в настоящее время неизвестна.

Первым сотрудником Научной библиотеки Воронежского сельскохозяйственного института Императора Петра I принадлежит огромная заслуга в создании библиотеки, их деятельность оставила заметный след в истории и краеведении города Воронежа.

Список источников

1. Акиншин А.Н. Подозрительные краеведы: (Воронежские библиографы В.Я. Закс, В.В. Литвинов) // Библиография. 1993. № 2. С. 83–88.
2. Басов С.А., Закс В.Я. Начатки познания России : с картой Российской империи; обложка и иллюстрации работы А. Барченко. Санкт-Петербург: Издание «Жизни для всех», 1913. 304 с.
3. Воронежский сельскохозяйственный институт Императора Петра I. Записки : Memoires de l'Institut Agronomique – de l'Empereur Pierre I. Москва: Типо-литография Т-ва И.Н. Кушнеров и К, 1916. 75 с.
4. Двадцать пять лет научно-педагогической деятельности Б.А. Келлера (1902–1927); под ред. А.Я. Гордягина. Воронеж: Коммуна, 1931. 400 с.
5. Задорожная О.А. Сибирь и Казанский университет в конце XIX – начале XX вв. // Философский век: альманах. Санкт-Петербург, 2005. Вып. 28: История университетского образования в России и международные традиции просвещения. Т. 1. С. 66–74.
6. Ласунский О.Г. Житель родного города: воронежские годы Андрея Платонова, 1899–1926. 2-е изд., доп. Воронеж: Центр духовного возрождения Черноземного края, 2007. 277 с.
7. Левченко С.С. Александр Антонович Добиаш: комментарий к биографии. Воронеж: Изд.-полигр. фирма «Воронеж», 2011. 226 с.
8. Новый рассадник сельскохозяйственных знаний // Искры [журнал при газете «Русское Слово»]. 1913. № 38 (29 сентября).
9. Памятная книжка Воронежской губернии на 1915 год. Воронеж: Типо-литография губернского правления, 1915. 650 с.
10. Плаксин В.Н. Сталинизм и агрономическая интеллигенция: как делались «дела» ... Воронеж: Центрально-Черноземное книжное издательство, 2003. Ч. 1. 230 с.
11. Сотрудники РНБ – деятели науки и культуры: биографический словарь [Электронный ресурс]. URL: http://www.nlr.ru/nlr_history/persons/info.php?id=547 (дата обращения: 01.10.2023).
12. Указатель литературы о природе и хозяйстве Центрально-Черноземной области, 1800–1925: в 2 т. / Госплан РСФСР, Особая комиссия по восстановлению ЦЧО, Воронежское бюро; сост. В.Я. Закс. Воронеж: Облплан, 1928. Т. 1. 326 с.
13. Указатель литературы о природе и хозяйстве Центрально-Черноземной области, 1800–1925: в 2 т. / Областная плановая комиссия ЦЧО; сост. В.Я. Закс. Воронеж: Облплан, 1931. Т. 2. 287 с.
14. WORONICA: перечень литературы, имеющей отношение к экономической и хозяйственной жизни Воронежской губернии. Воронеж: Изд-во Воронежского Союза Потребительских обществ, 1919. 71 с.

*Е.В. Рощупкина – заведующий сектором
Научной библиотеки ВГАУ*

Наш юбиляр – Александр Николаевич Беляев



26 сентября 2023 г. свой 60-летний юбилей отметил Беляев Александр Николаевич – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой прикладной механики Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I.

Александр Николаевич Беляев родился в многодетной сельской семье, где с любовью относились к земле и ценили труд, к которому родители приучали детей собственным примером. Начиная с шестого класса, летом он работал помощником комбайнера в родном колхозе. В школе увлекался литературой и его поэтические начинания были отмечены поездкой во всесоюзный пионерский лагерь «Артек». После окончания средней школы с золотой медалью в июне 1980 г. работал трактористом. Накопленный трудовой опыт укрепил решение стать инженером сельскохозяйственного производства. В 1981 г. А.Н. Беляев

поступил в Воронежский сельскохозяйственный институт имени К.Д. Глинки на факультет механизации сельского хозяйства. Будучи студентом, работал в должности техника по хоздоговорной теме на кафедре тракторов и автомобилей. Учеба давалась легко, и А.Н. Беляев в 1986 г. с отличием окончил Воронежский сельскохозяйственный институт имени К.Д. Глинки. После прохождения службы в рядах Советской Армии Александр Николаевич работал в родном селе сначала инженером по эксплуатации сельскохозяйственной техники, а затем главным инженером.

Трудовая деятельность и успехи в учебе А.Н. Беляева были замечены на факультете механизации сельского хозяйства, где ему предложили продолжить научную деятельность. В ноябре 1988 г. был принят на должность ассистента кафедры теплотехники и деталей машин Воронежского СХИ. Став преподавателем, он углубил тематику своих научных исследований, акцентируя внимание на улучшении характеристик криволинейного движения комбинированного МТА на базе колесного трактора класса 2 ЛТЗ с помощью применения упругодемпфирующего привода колес. Вместе с коллегами Александр Николаевич разработал новую систему рулевого управления транспортного средства со всеми управляемыми колесами, в 1995 г. защитил кандидатскую диссертацию по специальности 05.20.01 «Механизация сельского хозяйства», а в 1997 г. ему было присвоено ученое звание доцента по кафедре прикладной механики. С 1995 по 1997 г. исполнял обязанности заместителя декана агроинженерного факультета по учебно-воспитательной работе.

Продолжая работать преподавателем, он также занимался научными исследованиями, направленными на повышение эффективности работы машинно-тракторных агрегатов на базе интегральных универсально-пропашных колесных тракторов. Был разработан способ определения траектории криволинейного движения колесной машины, способ поворота колесной машины со всеми управляемыми колесами, предложена новая теория бокового отклонения колесной машины от заданной траектории движения. Работа завершилась в 2019 г. защитой докторской диссертации по специальности 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства».

С 2007 г. работает заведующим кафедрой прикладной механики агроинженерного факультета;

с 2010 по 2015 г. – руководитель Центра дистанционных образовательных технологий;

с 2015 по 2016 г. – начальник управления по заочному обучению;

с 2016 по 2020 г. – проректор по заочному и дополнительному образованию.

На счету Александра Николаевича Беяева более 350 научных и учебно-методических работ, в том числе 4 монографии, 15 учебных пособий, 12 из которых с грифом УМО по агроинженерному образованию, соавтор 44 патентов на изобретения и свидетельств о регистрации программ для ЭВМ, более 60 статей в ведущих журналах и научных изданиях. Под руководством Александра Николаевича защищена одна кандидатская диссертация.

За 35-летний период работы в агроуниверситете Александр Николаевич прошел все ступени преподавательского роста: ассистент, старший преподаватель, доцент, профессор. Как отмечают и коллеги, и студенты, А.Н. Беяев всегда был и остается профессионально грамотным, инициативным и принципиальным педагогом высшей школы, внедряющим современные образовательные технологии в учебный процесс, он интересен молодой аудитории, любим и уважаем студентами за живое, творческое общение, неформальный стиль преподавания и демократичность, при этом сохраняет требовательность и обязательность получения ими знаний высокого уровня. Все эти качества преподавателя, ученого позволили Александру Николаевичу снискать в вузе заслуженный авторитет.

За многолетний плодотворный научно-педагогический труд, большой личный вклад в развитие сельскохозяйственного производства, подготовку кадров для агропромышленного комплекса Центрально-Черноземного региона А.Н. Беяев отмечен:

Почетной грамотой департамента аграрной политики Воронежской области (2010);

Благодарностью департамента образования, науки и молодежной политики Воронежской области (2011);

благодарностями губернатора Воронежской области (2012, 2017);

почетными грамотами областного совета депутатов и администрации Липецкой области (2012, 2015);

Благодарностью Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (2013);

знаком «За усердие» Луганской народной республики (2018);

Почетной грамотой Воронежской областной Думы (2020);

Почетной грамотой правительства Воронежской области (2022).

Александр Николаевич Беяев принадлежит к числу ученых инженеров-механиков с широким диапазоном знаний, которые участвуют в развитии ряда важнейших направлений агроинженерного образования, науки и производства.

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 – Меделяева 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. Полутоновые 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 29.09.2023 г.

Подписано в печать 27.09.2023 г. Формат 60x84^{1/8}
Бумага офсетная. Объем 36,88 п.л. Гарнитура Times New Roman.
Тираж 1100 экз. Заказ № 25016
Цена свободная; 12+

ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ
Отпечатано: Центр полиграфических услуг (типография) ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ
394087, Воронеж, ул. Мичурина, 1
Адрес редакции, издателя: 394087, Воронеж, ул. Мичурина, 1



ISSN 2071-2243

