

ISSN 2071-2243

DOI: 10.53914/issn2071-2243

ВЕСТНИК

Воронежского государственного
аграрного университета

Теоретический
и научно-практический
журнал

Том 14, 4(71) • 2021



ISSN 2071-2243
DOI: 10.53914/issn2071-2243

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 14 ,
выпуск 4 (71)**

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2021_4

ВОРОНЕЖ
ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ
2021

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»

В соответствии с распоряжением Минобрнауки России от 28 декабря 2018 г. № 90-р на основании рекомендаций Высшей аттестационной комиссии при Минобрнауки России с учетом заключений профильных экспертных советов ВАК 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 (№ 281 по состоянию на 24.03.2020)

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

- 05.20.01** – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (сельскохозяйственные науки);
- 05.20.01** – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки);
- 05.20.02** – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве (технические науки);
- 05.20.03** – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве (технические науки);
- 06.01.01** – Общее земледелие, растениеводство (сельскохозяйственные науки);
- 06.01.02** – Мелиорация, рекультивация и охрана земель (сельскохозяйственные науки);
- 06.01.04** – Агрохимия (сельскохозяйственные науки);
- 06.01.04** – Агрохимия (биологические науки);
- 06.01.06** – Луговое хозяйство и лекарственные эфирно-масличные культуры (сельскохозяйственные науки);
- 06.01.07** – Защита растений (сельскохозяйственные науки);
- 08.00.05** – Экономика и управление народным хозяйством (по отраслям и сферам деятельности) (экономические науки);
- 08.00.10** – Финансы, денежное обращение и кредит (экономические науки);
- 08.00.12** – Бухгалтерский учет, статистика (экономические науки);
- 08.00.13** – Математические и инструментальные методы экономики (экономические науки).

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Алдошин Николай Васильевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Сельскохозяйственные машины» Института механики и энергетики имени В.П. Горячкина ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева».

Ерохин Михаил Никитьевич, доктор технических наук, академик РАН, профессор, научный руководитель Института механики и энергетики имени В.П. Горячкина, профессор кафедры «Сопротивление материалов и детали машин» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева».

Завражнов Анатолий Иванович, доктор технических наук, академик РАН, профессор, главный научный сотрудник, профессор кафедры «Технологические процессы и техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет».

Лачуга Юрий Федорович, доктор технических наук, профессор, академик РАН, Российская академия наук.

Оробинский Владимир Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Сельскохозяйственные машины, тракторы и автомобили», декан агроинженерного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Павлушин Андрей Александрович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности», декан инженерного факультета ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина».

Тарабрин Алексей Евгеньевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заместитель директора по научной работе Национальной научной сельскохозяйственной библиотеки Национальной академии аграрных наук Украины.

Тарасенко Александр Павлович, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, профессор кафедры «Сельскохозяйственные машины, тракторы и автомобили» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Шацкий Владимир Павлович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Математика и физика» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Вашенко Татьяна Григорьевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры «Селекция, семеноводство и биотехнологии» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Григорьева Людмила Викторовна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор плодовоовощного института имени И.В. Мичурина ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет».

Девятова Татьяна Анатольевна, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой «Экология и земельные ресурсы» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет».

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

Жужжалова Татьяна Петровна, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующий отделом биотехнологии и генетики ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара имени А.Л. Мазлумова».

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

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

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

Мязин Николай Георгиевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры «Агрохимия, почвоведение и агроэкология» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

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

Федотов Василий Антонович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры «Земледелие, растениеводство и защита растений» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Щеглов Дмитрий Иванович, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой «Почвоведение и управление земельными ресурсами» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет».

Закшевский Василий Георгиевич, академик РАН, доктор экономических наук, профессор, почетный работник агропромышленного комплекса России, директор ФГБНУ «Научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-Черноземного района Российской Федерации».

Курносков Андрей Павлович, доктор экономических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры «Информационное обеспечение и моделирование агроэкономических систем» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Ришар Жак, доктор экономических наук, профессор Университета Дофин, Франция, Париж, Почетный профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Родионова Ольга Анатольевна, доктор экономических наук, профессор, заместитель директора по научной работе ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт организации производства, труда и управления в сельском хозяйстве».

Ткаченко Валентина Григорьевна, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Экономическая теория и маркетинг» ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет», член-корреспондент Национальной академии аграрных наук Украины, академик Академии экономических наук Украины, академик Академии гуманитарных наук России, Заслуженный работник народного образования Украины, Почетный профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Улезько Андрей Валерьевич, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационное обеспечение и моделирование агроэкономических систем» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Чиркова Мария Борисовна, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры «Бухгалтерский учет и аудит» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Яшина Марина Львовна, доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры «Финансы и кредит» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина».

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, 2021

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 14 ,
Issue 4 (71)**

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2021_4

VORONEZH
Voronezh SAU
2021

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

According to the Order of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation No. 90-r as of December 28, 2018, pursuant to the Recommendations of the Higher Attestation Commission under the Ministry of Education and Science of Russia based on the findings of relevant expert councils, Vestnik is included in the List of Peer-Reviewed Scientific Periodicals recommended for publishing the major research results of dissertations for a candidate and doctorate degree under No. 281 as of March 24, 2020

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

- 05.20.01** – Technologies and Mechanical Means in Agriculture (Agricultural Sciences);
- 05.20.01** – Technologies and Mechanical Means in Agriculture (Engineering Sciences);
- 05.20.02** – Electrotechnologies and Electric Equipment in Agriculture (Engineering Sciences);
- 05.20.03** – Technologies and Means of Maintenance in Agriculture (Engineering Sciences);
- 06.01.01** – General Soil Management, Crop Science (Agricultural Sciences);
- 06.01.02** – Land Melioration, Recultivation and Land Conservation (Agricultural Sciences);
- 06.01.04** – Agricultural Chemistry (Agricultural Sciences);
- 06.01.04** – Agricultural Chemistry (Biological Sciences);
- 06.01.06** – Grassland Science and Medicinal Essential-Oil-Bearing Plants (Agricultural Sciences);
- 06.01.07** – Plant Protection (Agricultural Sciences);
- 08.00.05** – Economics and Management of the National Economy (by Branches and Fields of Activity) (Economic Sciences);
- 08.00.10** – Finance, Monetary Circulation and Credit (Economic Sciences);
- 08.00.12** – Accounting, Statistics (Economic Sciences);
- 08.00.13** – Mathematical and Instrumental Methods in Economics (Economic Sciences).

EDITORIAL BOARD

Nikolay V. Aldoshin, Doctor of Engineering Sciences, Full Professor, Head of the Department of Farm Machinery, Institute of Engineering and Energy named after V.P. Goryachkin, Russian Timiryazev State Agrarian Academy.

Mikhail N. Erokhin, Doctor of Engineering Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences (RAS), Full Professor, Academic Director of the Institute of Engineering and Energy named after V.P. Goryachkin, Professor at the Department of Strength of Materials and Machinery Parts, Russian Timiryazev State Agrarian Academy.

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.

Yuriy F. Lachuga, Doctor of Engineering Sciences, Full Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences (RAS), Russian Academy of Sciences.

Vladimir I. Orobinskiy, 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.

Andrey A. Pavlushin, Doctor of Engineering Sciences, Docent, Professor at the Department of Agricultural Technologies, Machinery and Life Safety, Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin.

Aleksey E. Tarabrin, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor, Deputy Director for Research of the National Scientific Agricultural Library, National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine.

Aleksandr P. Tarasenko, Doctor of Engineering Sciences, Full Professor, Honoured Master of Sciences and Engineering of the Russian Federation, Professor at the Department of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Vladimir P. Shatsky, Doctor of Engineering Sciences, Full Professor, Head of the Department of Mathematics and Physics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Tatiana G. Vashchenko, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor, Professor at the Department of Plant and Seed Selection Breeding and Biotechnologies, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Lyudmila V. Grigorieva, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor, 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.

Tatyana P. Zhuzhzhlova, Doctor of Biological Sciences, Full Professor, Chief Researcher, Head of the Department of Biotechnology and Genetics, A. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar.

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, All-Russian Research Institute of Horticultural Crops Selection 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.

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.

Vasiliy A. Fedotov, 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.

Dmitriy I. Shcheglov, Doctor of Biological Sciences, Full Professor, Head of the Department of Soil Science and Land Resources Management, Voronezh State University.

Vasiliy G. Zakshevski, Academician of the Russian Academy of Sciences (RAS), Honored Worker of Agro-Industrial Complex of Russia, Doctor of Economic Sciences, Full Professor, Director, Scientific-Research Institute of Economics and Organization of Agro-Industrial Complex of the Central Chernozem Region of the Russian Federation.

Andrey P. Kurnosov, Doctor of Economic Sciences, Full Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Professor at the Department of Information Support and Modeling of Economic Systems in Agriculture, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Richard Jacques, Doctor of Economic Sciences, Professor, Paris Dauphine University, France (Université Paris-Dauphine), Professor Emeritus of Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Olga A. Rodionova, Doctor of Economic Sciences, Full Professor, Deputy Director for Science, All-Russian Research Institute of the Organization of Production, Labor and Management in Agriculture.

Valentina G. Tkachenko, Doctor of Economic Sciences, Full Professor, Head of the Department of Economic Theory and Marketing, Lugansk National Agrarian University, Corresponding Member of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Academician of the Academy of Economics of Ukraine, Academician of the Russian Academy of Humanities, Honoured Worker of Education of Ukraine, Professor Emeritus of Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

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

Mariya B. Chirkova, Doctor of Economic Sciences, Full Professor, Professor at the Department of Accounting and Auditing, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Marina L. Yashina, Doctor of Economic Sciences, Docent, Professor at the Department of Finance and Credit, Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin.

EXECUTIVE SECRETARY – **N.M. Griбанова**

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, 2021

ВЕСТНИК

ВОРОНЕЖСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА



Основан в 1998 г.
Выходит 4 раза в год

СОДЕРЖАНИЕ CONTENTS

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ PROCESSES AND MACHINES OF AGRI-ENGINEERING SYSTEMS

Поливаев О.И., Кузнецов А.Н., Лощенко А.В., Болотов Д.Б.

Анализ способов снижения уровня вибрационной
нагруженности рабочего места оператора тракторно-транспортного агрегата

Polivaev O.I., Kuznetsov A.N., Loshchenko A.V., Bolotov D.B.

Observation of methods reducing the level of vibration

loading of tractor-transport unit driver's compartment 11

Беляев А.Н., Тришина Т.В., Новиков А.Е., Дьяченко Ю.В., Высоцкая И.А.

Исследование движения колесной машины по криволинейной траектории

Belyaev A.N., Trishina T.V., Novikov A.E., Dyachenko Yu.V., Vysotskaya I.A.

Investigation of the movement of a wheeled vehicle along a curved trajectory 21

Василенко С.В., Василенко В.В.

Полевые испытания плуга со спонтанно вибрирующими рабочими корпусами

Vasilenko V.V., Vasilenko S.V.

Field tests of a plough with spontaneously vibrating working bodies 30

Соколов В.В., Осокина А.С., Касаткин В.В.

Биореактор для интенсификации процесса культивирования
и сортировки насекомых на примере *Galleria mellonella*

Sokolov V.V., Osokina A.S., Kasatkin V.V.

Bioreactor for intensification of the process of cultivation

and sorting of insects on the example of *Galleria mellonella* 39

АГРОНОМИЯ AGRICULTURAL SCIENCES

Подрезов П.И., Мязин Н.Г., Кожокина А.Н.

Влияние многолетнего внесения удобрений на урожайность и качество
урожае сахарной свеклы, выращиваемой на черноземе типичном

Podrezov P.I., Myazin N.G., Kozhokina A.N.

Long-term application of fertilizers and its impact on crop productivity

and quality of yield of sugar beet cultivated on typical chernozem 49

Иванов И.С., Золотарев В.Н., Образцов В.Н.

Продуктивность костреца безостого в степных условиях Центрального Черноземья России

Ivanov I.S., Zolotarev V.N., Obratsov V.N.

Productivity of awnless brome in steppe conditions of the Central Chernozem Region of Russia 58

Коржов С.И., Трофимова Т.А., Башчев И.Б., Гранкин Е.А.

Взаимоотношения культурного и сорного компонентов в агрофитоценозах

Korzhov S.I., Trofimova T.A., Bashchev I.B., Grankin E.A.

Features of cultural and weed components relationship in agrophytocenoses 65

Гасанова Е.С., Мязин Н.Г., Стекольников К.Е., Луценко Р.Н., Малявская А.В. Влияние внесения удобрений и мелиоранта на состав и свойства фульвокислот чернозема выщелоченного Gasanova E.S., Myazin N.G., Stekolnikov K.E., Lutsenko R.N., Malyavskaya A.V. Effect of fertilizers and ameliorant on the composition and properties of fulvic acids of leached chernozem.....	75
Ступницкий Д.Н., Бопп В.Л., Мистратова Н.А. Оценка продуктивности одновидовых и бинарных посевов с люпином для органического земледелия Stupnitskiy D.N., Bopp V.L., Mistratova N.A. Estimation of harvest of a single-crop and binary sowings with lupine for organic farming.....	86

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ ECONOMIC SCIENCES

Терновых К.С., Попкова Е.В., Кучеренко О.И. Малые формы хозяйствования в системе регионального АПК Ternovykh K.S., Popkova E.V., Kucherenko O.I. Small businesses in the system of the regional Agro-Industrial Complex	93
Улезько А.В., Курносое А.П., Савченко Т.В., Недиков К.Д. О моделях интеграционных взаимодействий в агропродовольственном комплексе Ulez'ko A.V., Kurnosov A.P., Savchenko T.V., Nedikov K.D. Concerning models of integration interactions in the agrifood complex	101
Меделяева З.П., Киселев М.Е. Сравнительная оценка эффективности использования земельных ресурсов хозяйствующими субъектами аграрной сферы Воронежской области Medelyaeva Z.P., Kiselev M.E. Comparative assessment of the efficiency of land resources use by economic entities of the agrarian sector of Voronezh Oblast	110
Образцова О.А. Разработка и внедрение программ индексного страхования урожайности сельскохозяйственных культур в практику российского страхового рынка Obraztsova O.A. Development and implementation of index insurance programs for agricultural yields in the practice of the Russian insurance market.....	118
Яшина М.Л., Бадашин М.С. Оценка социально-экономической и экологической устойчивости регионов Приволжского федерального округа Yashina M.L., Badashin M.S. Comparative assessment of socio-economic and environmental sustainability of the regions of the Volga Federal District.....	126

НАУЧНАЯ ЖИЗНЬ SCIENTIFIC ACTIVITIES

Учебники, монографии, учебные пособия, опубликованные учеными Воронежского государственного аграрного университета в 2021 году Publishing activities of academic staff of Voronezh State Agrarian University (monographs, text-books, study guides published in 2021).....	135
Наши юбиляры Anniversary Celebrants	139
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	140
Информация для авторов Information for authors	141

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 631.531.17-52:633(470.31)

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2021_4_11

**Анализ способов снижения уровня вибрационной нагруженности
рабочего места оператора тракторно-транспортного агрегата**

**Олег Иванович Поливаев¹, Алексей Николаевич Кузнецов^{2✉}, Алексей Владиславович Лощенко³,
Дмитрий Борисович Болотов⁴**

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

²kuz-basss@yandex.ru✉

Аннотация. С целью снижения уровня вибрационной нагруженности рабочего места оператора тракторно-транспортного агрегата выполнен анализ известных конструкций подвесок сиденья, который позволил выявить следующие недостатки: у электромагнитной подвески сиденья по патенту РФ на полезную модель № 176370 – большое потребление электроэнергии, у конструкции подвески сиденья по патенту на полезную модель РФ № 139995 – наличие линейной упругой характеристики из-за использования в качестве упругого элемента цилиндрической пружины. На основании изучения различных вариантов подвесок разработана конструкция с оптимальными показателями, особенностью которой является использование в качестве упругого элемента трех пневмогидравлических аккумуляторов (ПГА), установленных с возможностью изменения упругой характеристики за счет изменения суммарных объемов газовых полостей ПГА. Управление демпфированием осуществляется изменением проходного сечения управляемого регулируемого дросселя, связанного с надпоршневой полостью гидроцилиндра. С целью определения эффективности работы данной конструкции были проведены сравнительные полевые испытания, объектом которых являлся тракторно-транспортный агрегат (ТТА) в составе МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5. Испытания выполнялись на транспортных операциях с опытной и серийной конструкциями подвесок сиденья. Результаты экспериментальных исследований выявили, что максимальные значения ускорений находятся в октавной полосе с частотой 2–4 Гц, при которых скорость движения ТТА повышается на 3,5–5,5 км/ч. Это происходит за счет упругих характеристик шин, подвески сиденья и скорости движения ТТА. Модернизированная подвеска снижает вертикальные ускорения на 12–20% при скоростях движения от 15 до 30 км/ч. Результаты экспериментальных и теоретических исследований были приняты ООО «Брянский тракторный завод» при выборе конструктивных параметров сиденья с более эффективной виброзащитой.

Ключевые слова: тракторно-транспортный агрегат, подвеска сиденья, сравнительные испытания, уровни виброускорений, электромагнитный демпфер

Для цитирования: Поливаев О.И., Кузнецов А.Н., Лощенко А.В., Болотов Д.Б. Анализ способов снижения уровня вибрационной нагруженности рабочего места оператора тракторно-транспортного агрегата // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14, № 4(71). С. 11–20. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_11-20.

TECHNOLOGIES AND MECHANICAL MEANS
IN AGRICULTURE (ENGINEERING SCIENCES)

Original article

**Observation of methods reducing the level of vibration
loading of tractor-transport unit driver's compartment**

Oleg I. Polivaev¹, Aleksey N. Kuznetsov^{2✉}, Aleksey V. Loshchenko³, Dmitriy B. Bolotov⁴

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

²kuz-basss@yandex.ru✉

Abstract. In order to reduce the level of vibration loading of tractor-transport unit driver's compartment, an analysis of the known designs of seat suspensions was performed, which revealed the following disadvantages: patent-protected electromagnetic suspension of the seat (utility model patent 176370 RF) has a large power consumption; patent-protected suspension design of the seat (utility model patent 139995 RF) has a linear elastic characteristic due to the use of a cylindrical spring as an elastic element. Based on the study of various suspension options, a design with optimal performance has been developed, the feature of which is the use as an elastic element of three pneumohydraulic accumulators (PHA) installed with the possibility of changing the elastic

characteristics by changing the total volumes of gas cavities of the PHA. Damping control is carried out by changing the orifice size of the controlled adjustable throttle connected to the head-end chamber of the hydraulic cylinder. In order to determine the effectiveness of this design, comparative field tests were conducted, the object of which was a tractor-transport unit (TTA) consisting of MTZ-82.1 + 2PTS-4.5. The tests were carried out on transport operations with experimental and serial designs of seat suspensions. The results of experimental studies have revealed that the maximum acceleration values are in the octave bandwidth with a frequency of 2-4 Hz, at which the speed of the TTA increases by 3.5–5.5 km/h. This is due to the elastic characteristics of the tires, the seat suspension and the speed of the TTA. The upgraded suspension reduces vertical acceleration by 12-20% at speeds from 15 to 30 km/h. The results of experimental and theoretical studies were accepted by Bryansk Tractor Plant when choosing the design parameters of a seat with more effective vibration protection.

Keywords: tractor-transport unit, seat suspension, comparative tests, vibration acceleration levels, electromagnetic damper

For citation: Polivaev O.I., Kuznetsov A.N., Loshchenko A.V., Bolotov D.B. Observation of methods to reduce the level of vibration loading of tractor-transport unit driver's compartment. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2021;14(4):11-20. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_11-20.

В настоящее время практически все виды работ в сельскохозяйственном производстве выполняются тракторами. Сельскохозяйственные тракторы общего назначения используют при выполнении энергоемких технологических операций в растениеводстве (пахота, сплошная культивация, рыхление, фрезерование, внесение удобрений, дискование тяжелыми боронами и т.д.), а также в кормопроизводстве; пропашные – при посеве, уходе, уборке пропашных культур в междурядьях различной ширины; универсально-пропашные синтезируют функции двух предыдущих групп тракторов, но имеют ограниченное использование на работах по подготовке почвы.

Однако использование универсально-пропашных тракторов сопровождается повышенными вибрационными нагрузками на оператора. Это оказывает негативное влияние на организм и приводит к снижению производительности его труда и всего агрегата в целом. Как известно, возникающая при работе тракторного агрегата вибрация в основном зависит от рельефа дороги и крюковой нагрузки [3, 4, 5, 6].

Основными показателями вибрационной нагрузки на оператора являются:

- амплитуды виброускорений (виброскорости);
- диапазон возмущающих частот;
- время воздействия вибрации [9, 10, 13].

Для оценки соответствия действительного уровня вибраций требованиям санитарных норм используется в октавных или треть-октавных полосах частот среднеквадратическое значение виброускорения, а также их логарифмические уровни в децибелах L_a октавных или третьоктавных полосах частот [5].

Предельные нормы вибрации на сиденье оператора в вертикальном направлении приведены в таблице 1.

Таблица 1. Предельные параметры вибрации в вертикальном направлении на сиденье оператора трактора

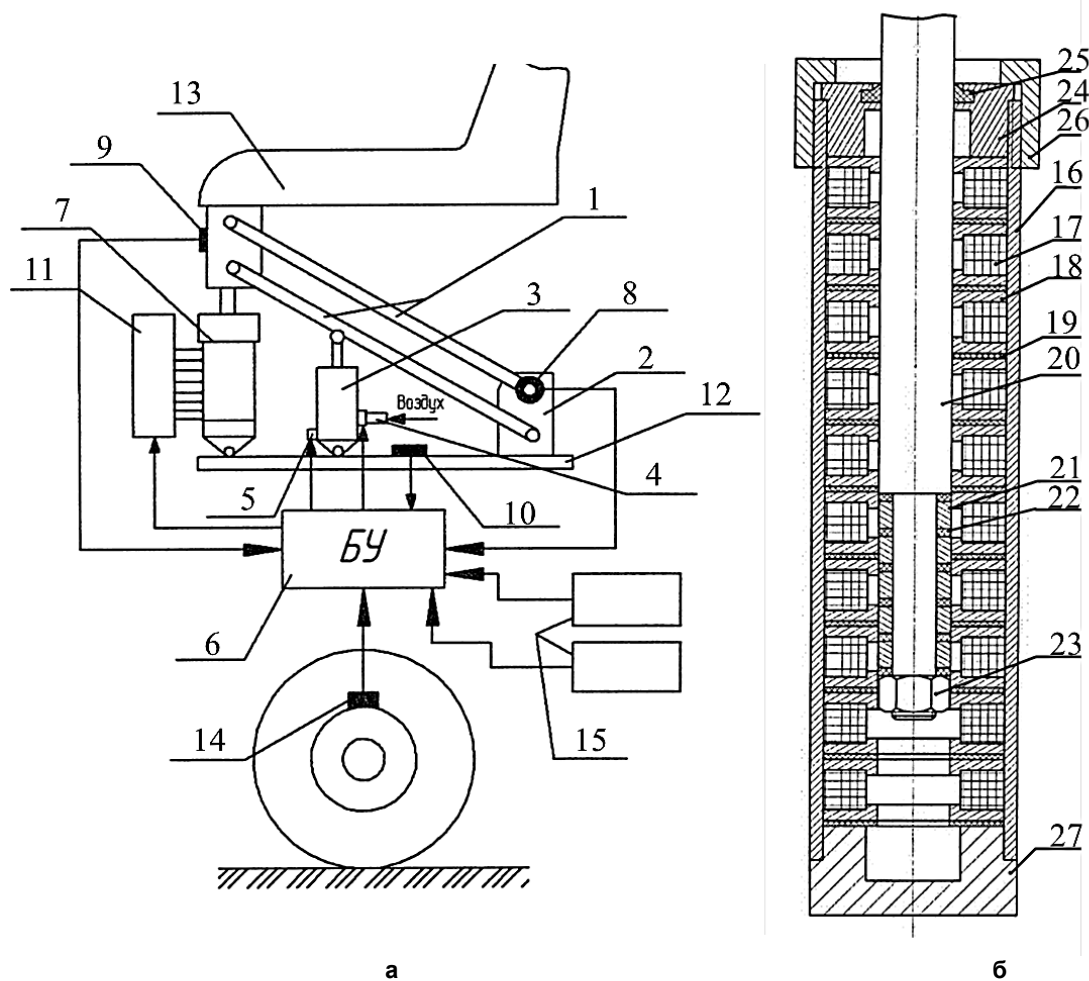
Класс трактора	Среднеквадратические значения ускорений a , m/s^2 (L_a) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц			
	2	4	8	16
0,6	1,15 (121,2)	0,80 (118,1)	0,60 (115,6)	1,14 (121,1)
0,9; 1,4	1,30 (122,3)	0,60 (115,6)	0,50 (114,0)	0,40 (112,0)
2	1,20 (121,6)	0,60 (115,6)	0,50 (114,0)	0,40 (112,0)
3	1,30 (122,3)	0,45 (113,1)	0,35 (110,9)	0,40 (112,0)
5	1,30 (122,3)	0,40 (112,0)	0,25 (108,0)	0,25 (108,0)

Результаты испытаний, проведенных на кафедре сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей Воронежского ГАУ, показали, что наибольшей вибрационной нагруженности подвергаются тракторно-транспортные агрегаты (ТТА), работающие на высоких скоростях движения. Учитывая тот факт, что низкочастотные колебания на рабочем месте оператора ТТА можно снизить за счет поддрессоривания либо остова, либо кабины, а также применения эффективных подвесок сиденья, выполнен анализ различных источников информации, в которых опубликованы описания известных конструкций подвесок сиденья [7, 11, 12]. При создании тракторов, работающих на скоростях до 15–20 км/ч, в качестве упругого элемента подвески сиденья используются цилиндрические пружины или торсионы. Однако при работе тракторных агрегатов на более высоких скоростях такие подвески не удовлетворяют требованиям санитарных норм из-за повышенных колебаний на рабочем месте оператора [5, 14, 15].

Наиболее перспективными являются полуактивные и активные подвески сиденья [1, 2, 8], разработанные сотрудниками Воронежского ГАУ под руководством проф. О.И. Поливаева. Подробно остановимся на анализе активных подвесок сидений операторов транспортных средств. На рисунке 1 представлена электромагнитная подвеска сиденья по патенту РФ на полезную модель 176370 [8].

Работает подвеска следующим образом. При возникновении вертикальных перемещений сиденья 13 с датчика ускорений 9, датчика углового перемещения 8 и датчика вертикальных ускорений кабины 10 поступает электрический сигнал, который подается на блок управления (ЭБУ) 6. Также в ЭБУ передается сигнал с датчика ускорения переднего моста 14. В зависимости от уровня сигнала, поступающего от переднего моста 14, ЭБУ принимает решение о режиме гашения. В процессе работы при незначительных колебаниях в качестве упругого элемента выступает пневмоцилиндр 3, а в качестве гасителя колебаний – электромагнитный демпфер (рис. 1, б), в котором активна лишь одна катушка, что обеспечивает экономию энергии. Когда уровень колебаний достигает значительных величин, ЭБУ принимает решение о невозможности эффективно снижения вибрации при использовании пневмоцилиндра в качестве упругого элемента, впускной клапан 4 перекрывается, а из выпускного клапана 5 воздух стравливается в атмосферу. Это позволяет поршню 3 свободно перемещаться, в связи с чем активизируется работа электромагнитного демпфера, теперь он одновременно выполняет функцию упругого элемента и гасящего устройства. Энергопотребление при этом значительно возрастает.

Электромагнитный демпфер выполнен в виде цилиндра 16, в котором установлены катушки индуктивности 17, разделенные магнитными 18 и немагнитными 19 кольцами. Шток 20, на котором крепятся магниты 21, разделен немагнитными кольцами 22, все эти элементы стянуты гайкой 25. Работа демпфера основана на электромагнитном взаимодействии катушек индуктивности 17 с магнитами 21 штока 20. При работе в качестве гасителя колебаний упругого элемента шток фиксируется и перемещается под действием магнитных полей катушек 17. Положение штока 20 осуществляется подачей управляющего тока на три соседние катушки. При движении штока, в зависимости от направления и скорости, ЭБУ рассчитывает скорость убывания тока из катушек. Положение рабочих катушек, сила тока в них, а также скорость ее нарастания (убывания) определяется ЭБУ после обработки сигналов с датчиков 8, 9 и 10.



а – принципиальная схема подвески; б – электромагнитный демпфер

Рис. 1. Электромагнитная подвеска сиденья транспортного средства:

- 1 – рычаг; 2 – кронштейн; 3 – пневмоцилиндр; 4 и 5 – впускной и выпускной клапаны; 6 – блок управления; 7 – электромагнитный демпфер; 8 – потенциометрический датчик углового положения рычага; 9 – датчик ускорения; 10 – датчик вертикальных ускорений кабины; 11 – преобразователь сигналов; 12 – основание; 13 – каркас подвески сиденья; 14 – датчик ускорения переднего моста; 15 – сигналы бортовой системы; 16 – цилиндр; 17 – катушки индуктивности; 18 и 19 – магнитные и немагнитные кольца; 20 – шток; 21 – магниты; 22 – немагнитные кольца; 23 – гайка; 24 – уплотнительный элемент штока; 25 – упор; 26 – гайка; 27 – нижний стакан

Такие электромагнитные подвески нашли применение в подвесках мостов машин (Lexus LS 400). Однако из-за большого потребления электроэнергии пока широкого внедрения в подвесках сидений и мостов не получили.

На рисунке 2 представлена схема подвески сиденья, описанная в патенте на полезную модель РФ 139995 [1].

Принцип работы подвески сиденья следующий. При колебаниях сиденья срабатывает датчик 7, с которого электрический сигнал поступает на ЭБУ 8. ЭБУ подает сигнал на преобразователь 5, за счет чего изменяется сила тока в электромагнитной катушке амортизатора. Это позволяет в зависимости от частоты и амплитуды колебаний изменять свойства магнитореологической жидкости амортизатора, следовательно, гасить вибрацию в нужный момент. Недостатком данной конструкции является то, что пружина имеет линейную характеристику и может вызвать резонансные колебания.

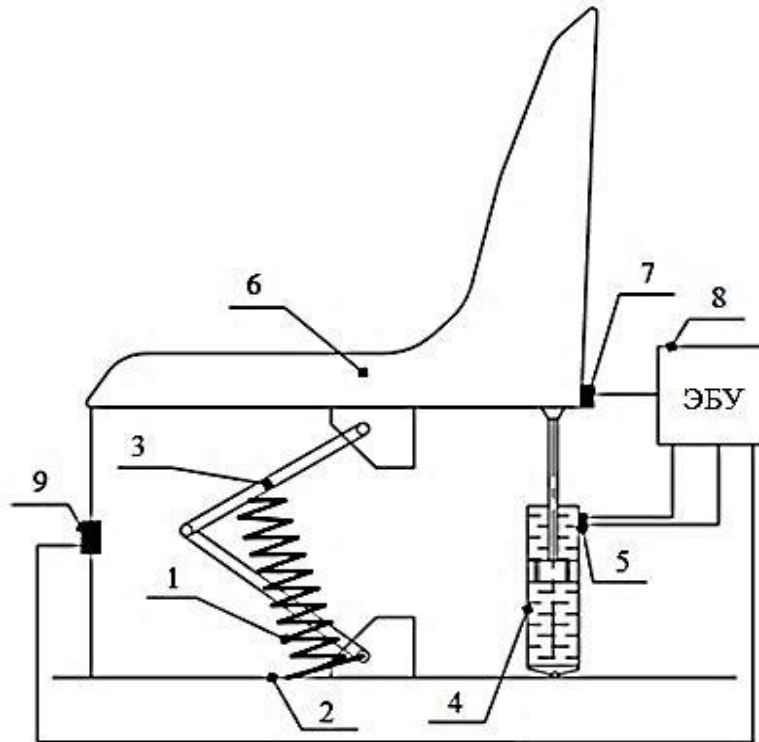


Рис. 2. Схема подвески сиденья:

- 1 – цилиндрическая пружина; 2 – основание; 3 – верхняя пара планок;
4 – гидравлический демпфер; 5 – преобразователь; 6 – основание сиденья;
7 – датчик вибрации; 8 – электронный блок управления; 9 – датчик положения

На рисунке 3 схематично представлена активная подвеска сиденья транспортного средства, на которую получен патент РФ 206649 [2]. Данная конструкция призвана устранить недостатки, присущие двум вышеописанным.

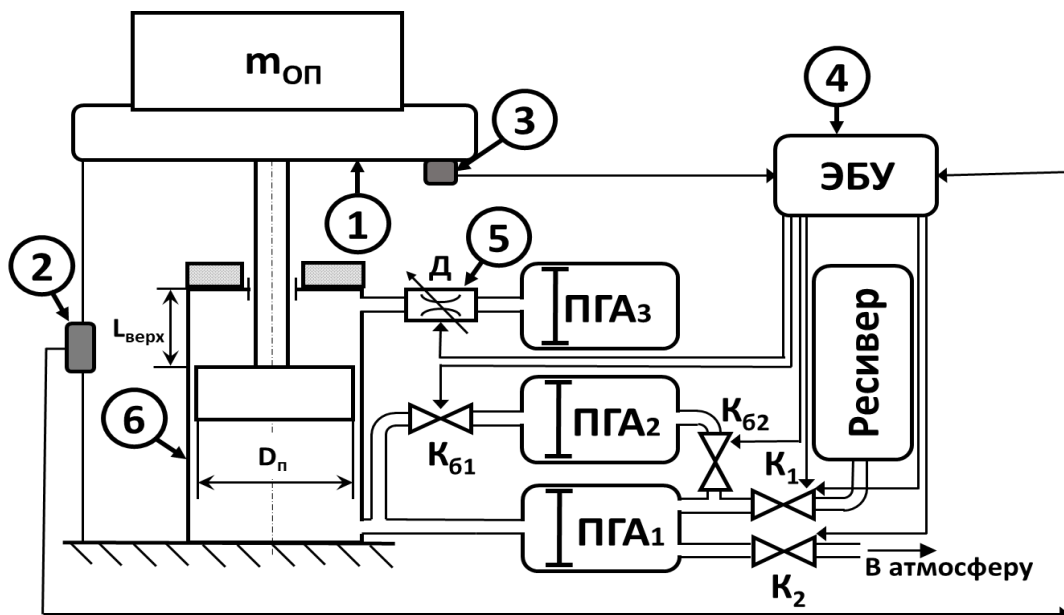


Рис. 3. Схема подвески сиденья:

- 1 – сиденье; 2 – датчик перемещения; 3 – датчик ускорения; 4 – электронный блок управления (ЭБУ); 5 – регулируемый дроссель; 6 – гидроцилиндр

Подвеска работает следующим образом. При посадке водителя на сиденье производится оценка передаточной функции системы «мост – подвеска – кабина». Цифровая оценка данной передаточной функции сохраняется в весовых коэффициентах блока управления. После проведения калибровки можно начинать непосредственную эксплуатацию транспортного средства.

При включении замка зажигания и в зависимости от веса оператора запускается режим автоматической подстройки высоты положения подвески сиденья. При этом электронный блок управления считывает сигнал с датчика ускорения 3 и в зависимости от отклонения положения подрессоренной части сиденья от центрального положения происходит подача сигнала на регулируемый дроссель 5 и быстродействующие клапаны $K_{б1}$, $K_{б2}$, K_1 и K_2 .

Вес оператора компенсируется пневмогидроаккумуляторами ПГА₁ и ПГА₂ при движении вниз, а при движении вверх – ПГА₃ с регулируемым дросселем 5. Корректировка положения оператора прекращается при установлении подрессоренной части сиденья в центральном положении.

Сигнал с датчика ускорений 3 позволяет блоку управления рассчитать предполагаемое направление и уровень ускорений, которые передаются на основание подвески сиденья. Блок управления 4 получает сигнал с датчика положения сиденья 2, информирующий о текущем положении водителя. Основываясь на величинах ожидаемых виброускорений, передаваемых от пола кабины к сиденью и текущему положению сиденья, ЭБУ, согласно заложенному алгоритму, подбирает наиболее оптимальную величину жесткости и демпфирования подвески, а также формирует управляющий сигнал, который позволяет соответствующим образом изменять положение регулируемого дросселя 5, что способствует качественному управлению демпфированием за счет изменения проходного сечения.

При сжатии подвески рабочая жидкость вытесняется из подпоршневой полости гидроцилиндра, по гидромагистрали поступает в ПГА₁ и ПГА₂, сжимая газ в их пневматической полости, при этом клапаны $K_{б1}$ и $K_{б2}$ открыты, закрыт только клапан сброса давления воздуха в атмосферу K_2 .

При повышенных колебаниях сиденья 1 быстродействующий клапан $K_{б1}$, управляемый ЭБУ, закрывается, исключая из работы ПГА₂, вследствие чего уменьшается суммарный объем газовых полостей, что приводит к увеличению жесткости подвески сиденья. ПГА₃ связан гидромагистралью с надпоршневой полостью гидроцилиндра 6 через управляемый гидравлический дроссель 5.

Интенсивность перетекания рабочей жидкости и ее количество определяются блоком управления 4. Таким образом, быстрое изменение площади рабочего канала за счет регулируемого дросселя 5 позволяет эффективно регулировать коэффициент демпфирования разработанной конструкции, а отключение клапаном $K_{б1}$ ПГА₂ изменяет жесткость подвески, что устраняет резонанс.

С целью определения эффективности работы данной конструкции были проведены сравнительные полевые испытания, объектом которых являлся тракторно-транспортный агрегат (ТТА) в составе МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5. Испытания выполнялись на транспортных операциях с опытной и серийной конструкциями подвесок сиденья.

На тракторно-транспортном агрегате была установлена следующая измерительная аппаратура (рис. 4):

- ИСР датчик ускорений, который установлен на сиденье оператора;
- тензометрические виброакселерометры, установленные на переднем и заднем мостах, а также в центральной точке остова трактора;
- тензобалки для замера крюкового усилия трактора;

- аналого-цифровой преобразователь (АЦП);
- усилитель сигналов тензометрических акселерометров ПИН-703;
- персональный компьютер, установленный в кабине трактора для записи данных, полученных от датчиков.

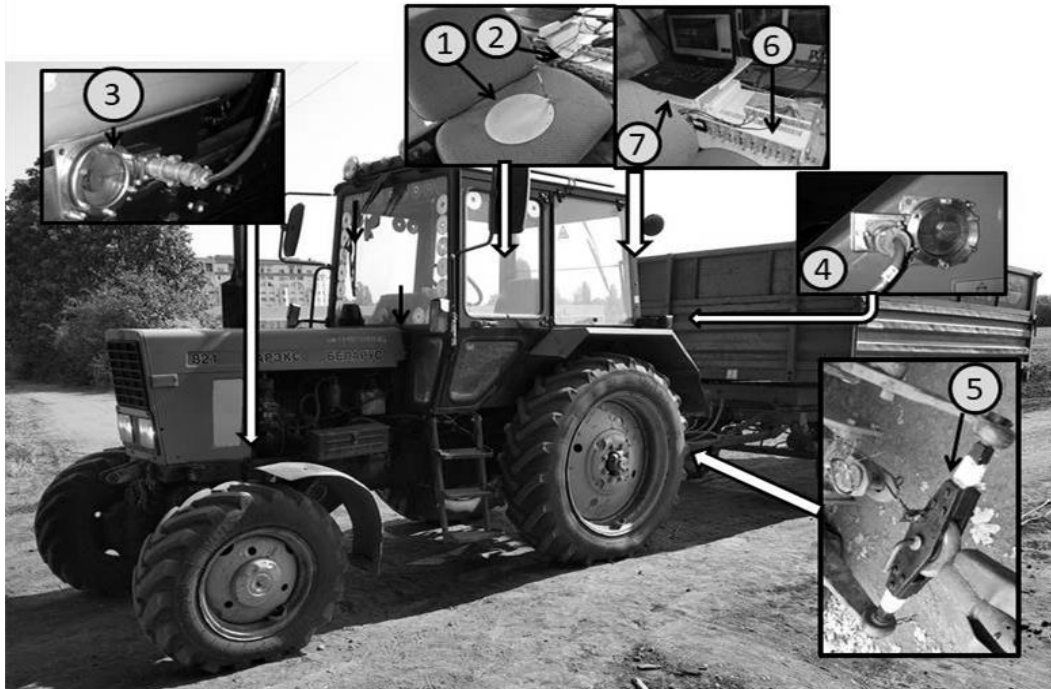


Рис. 4. ТТА на дорожных испытаниях: 1 – посадочный диск; 2 – ИСР датчик ускорений, установленный на сиденье оператора; 3 – тензометрический виброакселерометр переднего моста трактора; 4 – тензометрический виброакселерометр заднего моста трактора; 5 – тензобалка; 6 – усилитель сигналов тензометрических акселерометров

Сравнительные результаты полевых испытаний на грунтовой дороге при движении от 15 до 30 км/ч приведены на рисунках 5, 6, 7, 8.

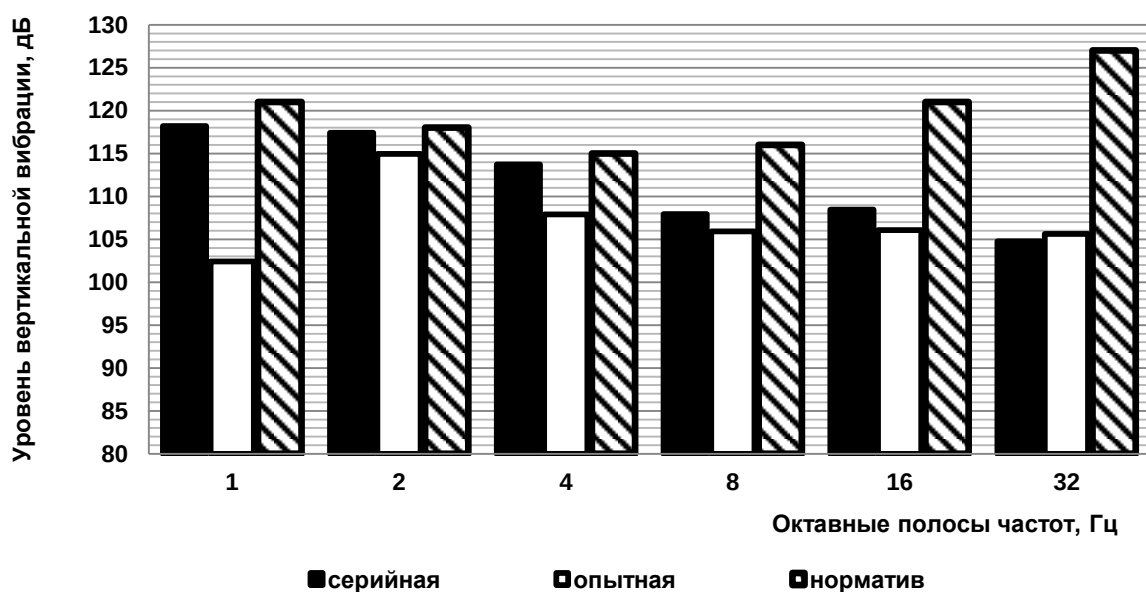


Рис. 5. Уровень вертикальной вибрации при скорости движения ТТА 15 км/ч

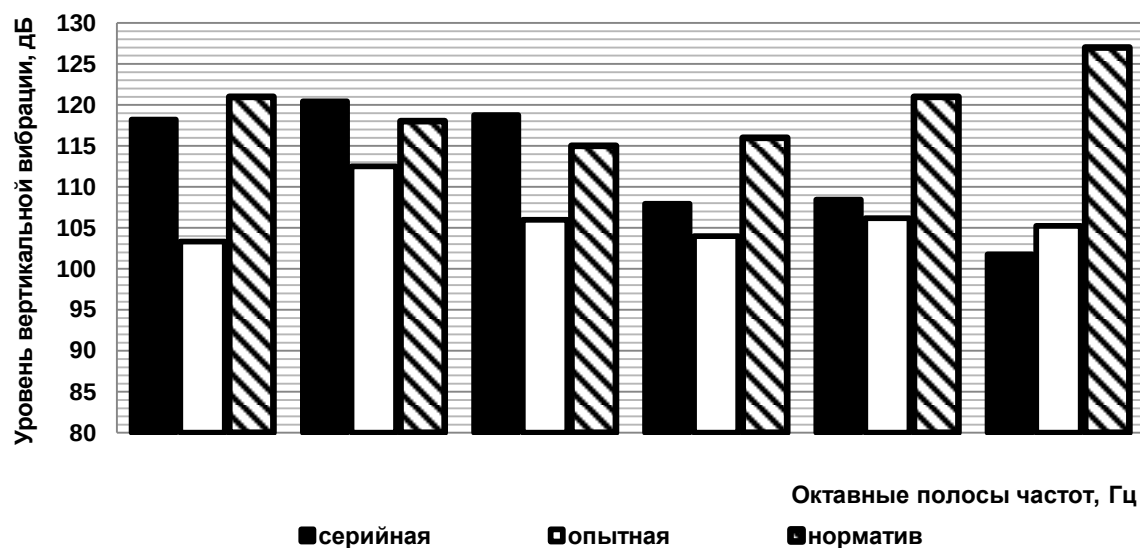


Рис. 6. Уровень вертикальной вибрации при скорости движения ТТА 20 км/ч

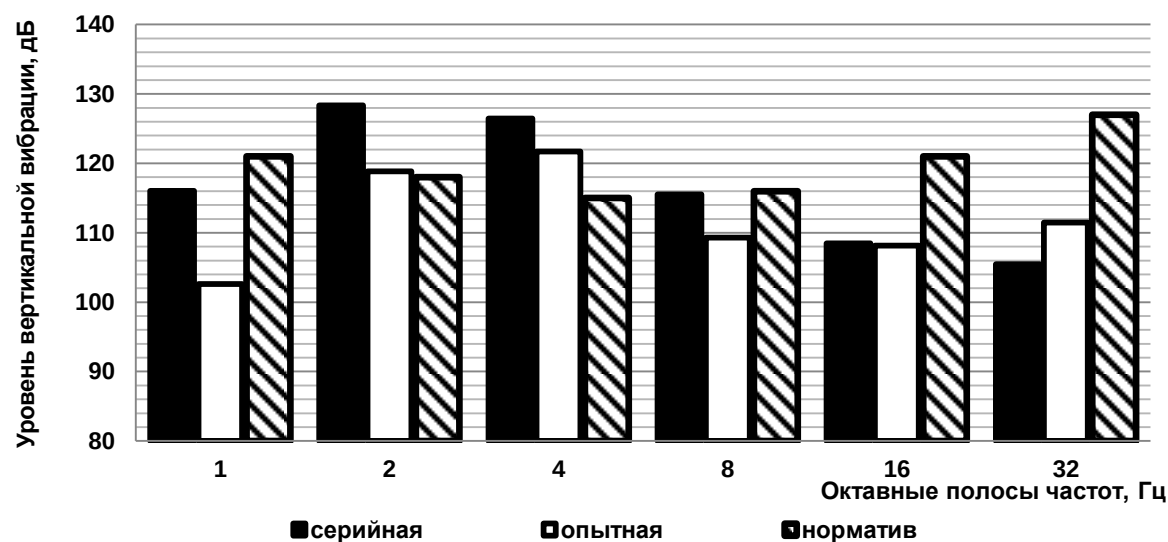


Рис. 7. Уровень вертикальной вибрации при скорости движения ТТА 25 км/ч

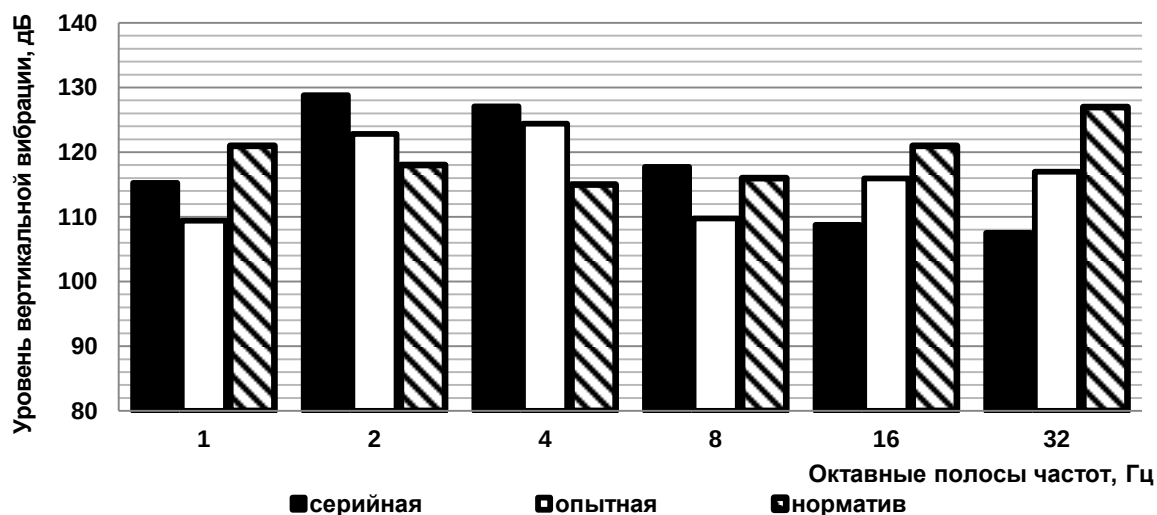


Рис. 8. Уровень вертикальной вибрации, при скорости движения ТТА 30 км/ч

Результаты экспериментальных исследований выявили, что максимальные значения ускорений находятся в октавной полосе с частотой 2–4 Гц, при этом скорость движения тракторно-транспортного агрегата повышается на 3,5–5,5 км/ч, что происходит за счет упругих характеристик шин, подвески сиденья и скорости движения ТТА.

Модернизированная подвеска сиденья снижает уровень виброускорений оператора на 12–20% при движении ТТА по грунтовой дороге, а также повышает скорость движения от 15 до 30 км/ч, или на 3,5–5,0 км/ч.

Комплекс выполненных теоретических и экспериментальных исследований создал базу для разработки опытной подвески сиденья. Результаты экспериментальных и теоретических исследований были приняты ООО «Брянский тракторный завод» при выборе конструктивных параметров сиденья с более эффективной виброзащитой.

Список источников

1. Активная подвеска сиденья транспортного средства: пат. на полезную модель 139995 Рос. Федерация. № 2013152536; заявл. 26.11.2013; опубл. 27.04.2014, Бюл. № 12. 3 с.
2. Активная подвеска сиденья транспортного средства : пат. на полезную модель 206649 Рос. Федерация. № 2021108357; заявл. 26.03.2021; опубл. 21.09.2021, Бюл. № 27. 6 с.
3. Ванин В.С. Виброзащита рабочего места оператора // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1983. № 11. С. 15–17.
4. Волошин Ю.В. Применение систем поддрессирования в зарубежных тракторах // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2000. № 2. С. 36.
5. ГОСТ 20062-96. Сиденье тракторное. Общие технические условия. Москва: Стандартинформ, 2000. 13 с.
6. Зеленко Н.Г., Малаяя К.Р., Русак О.Н. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов. Санкт-Петербург: Лань, 2012. 667 с.
7. Ляшенко М.В. Методы оптимизационного синтеза систем поддрессирования и элементов ходовых систем гусеничных сельскохозяйственных тракторов, адаптированных к условиям эксплуатации: автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.20.01. Волгоград: ВолгГТУ, 2003. 36 с.
8. Подвеска сиденья транспортного средства: пат. на полезную модель 176370 Рос. Федерация. № 2017115483; заявл. 02.05.2017; опубл. 17.01.2008, Бюл. № 2. 7 с.
9. Росляков В.П., Нахтичаль Н.Г. Выбор параметров виброзащитной системы с нелинейной характеристикой // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1975. № 10. С. 36–37.
10. Силаев А.А. Спектральная теория поддрессирования транспортных машин. М.: Машиностроение, 1972. 192 с.
11. Устинов Ю.Ф., Калинин Ю.И., Ульянов А.В. и др. Улучшение виброакустических параметров транспортно-технологических машин // Высокие технологии в строительном комплексе. 2021. № 1. С. 172–176.
12. Чернышов К.В., Новиков В.В., Рябов И.М. Оптимальное управление демпфированием подвески на основе принципа максимума // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2006. № 2. С. 13–15.
13. Chaparro L.F., Akan A. Signals and Systems Using MATLAB. UK: Academic Press is an imprint of Elsevier, 2019. 820 p.
14. Du H., Sze K, Lam J. Semi-active H^∞ control of vehicle suspension with magneto-rheological dampers // Journal of Sound and Vibration. 2005. Vol. 283(3-5). P. 981–996. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsv.2004.05.030>.
15. Klee H., Allen R. Simulation of Dynamic Systems with MATLAB and Simulink. CRC Press, 2018. 832 p.

References

1. Aktivnaya podveska siden'ya transportnogo sredstva [Active suspension of the vehicle seat]: patent na poleznuyu model' 139995 Ros. Federatsiya. № 2013152536; zayavleno 26.11.2013; opublikovano 27.04.2014, Byul. № 12 = Utility Model Patent 139995 Russian Federation. No. 2013152536, claimed 26.11.2013; published 27.04.2014, Bulletin 12. 3 p. (In Russ.).
2. Aktivnaya podveska siden'ya transportnogo sredstva [Active suspension of the vehicle seat]: patent na poleznuyu model' 206649 Ros. Federatsiya. № 2021108357; zayavleno 26.03.2021; opublikovano 21.09.2021, Byul. № 27 = Utility Model Patent 206649 Russian Federation. No. 2021108357, claimed 26.03.2021; published 21.09.2021, Bulletin 27. 6 p. (In Russ.).
3. Vanin V.S. Vibrozashchita rabocheho mesta operatora [Vibration protection of the operator's compartment]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyajstva = Mechanization and Electrification of Agriculture*. 1983;(11):15-17. (In Russ.).

4. Voloshin Yu.V. Primenenie sistem podressorivaniya v zarubezhnykh traktorakh [Application of spring suspension systems in foreign tractors]. *Traktory i sel'skhozayajstvennyye mashiny = Tractors and Agricultural Machinery*. 2000;(2):36. (In Russ.).
5. GOST 20062-96. Siden'e traktornoe. Obshchie tekhnicheskie usloviya [Tractor seat. General specifications]. Moscow: Standartinform Press; 2000. 13 p. (In Russ.).
6. Zelen'ko N.G., Malayan K.R., Rusak O.N. Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti: uchebnik dlya vuzov [Health and Wellness. Textbook for higher education]. Saint Petersburg: Lan' Press; 2012. 667 p. (In Russ.).
7. Lyashenko M.V. Metody optimizatsionnogo sinteza sistem podressorivaniya i elementov khodovykh sistem gusenichnykh sel'skhozayajstvennykh traktorov, adaptirovannykh k usloviyam ekspluatatsii [Methods of optimization synthesis of spring suspension systems and elements of ground drive systems of track type agricultural tractors adapted to operating conditions]: avtoreferat dissertatsii ... doktora tekhnicheskikh nauk = author's abstract of Doctor of Engineering Sciences: 05.20.01. Volgograd: Volgograd State Technical University; 2003. 36 p. (In Russ.).
8. Podveska siden'ya transportnogo sredstva [Vehicle seat suspension]: patent na poleznyuyu model' 176370 Ros. Federatsiya. № 2017115483; zayavleno 02.05.2017; opublikovano 17.01.2008, Byul. № 2 = Utility Model Patent 176370 Russian Federation. No. 2017115483, claimed 02.05.2017; published 17.01.2017, Bulletin 2. 7 p. (In Russ.).
9. Roslyakov V.P., Nakhtichal' N.G. Vybor parametrov vibrozashchitnoj sistemy s nelinejnoj kharakteristikoj [Selection of vibration isolation system parameters with nonlinear characteristic]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyajstva = Mechanization and Electrification of Agriculture*. 1975;(10):36-37. (In Russ.).
10. Silaev A.A. Spektral'naya teoriya podressorivaniya transportnykh mashin [Spectral theory of transport vehicles spring suspension]. Moscow: Mashinostroenie Press; 1972. 192 p. (In Russ.).
11. Ustinov Yu.F., Kalinin Yu.I., Ulyanov A.V., et al. Uluchshenie vibroakusticheskikh parametrov transportno-tekhnologicheskikh mashin [Improvement of vibroacoustic parameters of transport and technological machines]. *Vysokie tekhnologii v stroitel'nom komplekse = High Technologies in Construction Complex*. 2021;(1):172-176. (In Russ.).
12. Chernyshov K.V., Novikov V.V., Ryabov I.M. Optimal'noe upravlenie dempfirovaniem podveski na osnove printsipa maksimuma [Optimal control of suspension damping based on the maximum principle]. *Traktory i sel'skhozayajstvennyye mashiny = Tractors and Agricultural Machinery*. 2006;(2):13-15. (In Russ.).
13. Chaparro L.F., Akan A. Signals and Systems Using MATLAB. UK: Academic Press is an imprint of Elsevier; 2019. 820 p.
14. Du H., Sze K, Lam J. Semi-active H^∞ control of vehicle suspension with magneto-rheological dampers. *Journal of Sound and Vibration*. 2005;283(3-5):981-996. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsv.2004.05.030>.
15. Klee H., Allen R. Simulation of Dynamic Systems with MATLAB and Simulink. CRC Press; 2018. 832 p.

Информация об авторах

О.И. Поливаев – доктор технических наук, профессор кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Polivaevvoi@icloud.com.

А.Н. Кузнецов – кандидат технических наук, доцент кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», kuz-basss@yandex.ru.

А.В. Лощенко – старший преподаватель кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», loshenko.av@mail.ru.

Д.Б. Болотов – магистрант агроинженерного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», BDB 1998@ya.ru.

Information about the authors

O.I. Polivaev, Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Peter the Great, smachin@agroeng.vsau.ru.

A.N. Kuznetsov, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, kuz-basss@yandex.ru.

A.V. Loshchenko, Senior Lecturer, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, loshenko.av@mail.ru.

D.B. Bolotov, Master's Degree Student, Faculty of Rural Engineering, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, BDB 1998@ya.ru.

Статья поступила в редакцию 21.09.2021; одобрена после рецензирования 30.10.2021; принята к публикации 20.11.2021.

The article was submitted 21.09.2021; approved after revision 30.10.2021; accepted for publication 20.11.2021.

© Поливаев О.И., Кузнецов А.Н., Лощенко А.В., Болотов Д.Б., 2021

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 629.113-587

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2021_4_21

Исследование движения колесной машины по криволинейной траектории

Александр Николаевич Беляев^{1✉}, Татьяна Владимировна Тришина², Алексей Евгеньевич Новиков³, Юрий Владимирович Дьяченко⁴, Ирина Алевтиновна Высоцкая⁵

^{1, 2, 3, 4}Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, 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. Определение боковых реакций почвы, действующих на колеса машины со стороны деформируемого опорного основания при криволинейном движении, является актуальной задачей, связанной с решением проблемы сохранения устойчивости и управляемости машины. Разработка доступной и достоверной методики расчета боковых реакций позволит осуществлять прогнозирование возможного отклонения колесной машины от требуемой траектории движения (бокового увода, скольжения или заноса) и корректировать, при необходимости, на этой основе некоторые необходимые эксплуатационные параметры, такие как, например: поступательную скорость движения, угловую скорость поворота управляемых колес. Как показал анализ исследований, аналитически указанную проблему в совокупности корректно и достоверно решить не представляется возможным ввиду сложности и неоднозначности явлений и процессов, происходящих в месте контакта шин колес с деформируемым опорным основанием. В соответствии с предлагаемой в настоящей работе методикой рекомендуется сначала получить кривую траектории движения экспериментально в виде координатного закона изменения в декартовой системе, а затем определить кинематические и динамические характеристики при исследовании движения колесной машины по известной траектории расчетным путем. Действительная траектория центра масс колесной машины была экспериментально получена посредством разработанного способа определения траектории криволинейного движения. Проведены оценка и анализ действия инерционных сил различной природы на остов машины. Боковые реакции рассчитаны на основе фундаментального дифференциального уравнения Лагранжа второго рода и из условия равновесия машины. Сравнительная оценка показала достаточно высокую сходимость результатов, что подтверждает адекватность предлагаемой методики расчета боковых реакций со стороны опорной поверхности на колесах машины.

Ключевые слова: колесная машина, траектория, криволинейное движение, скорость, ускорение, радиус кривизны, сила инерции, боковая реакция

Для цитирования: Беляев А.Н., Тришина Т.В., Новиков А.Е., Дьяченко Ю.В., Высоцкая И.А. Исследование движения колесной машины по криволинейной траектории // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14, № 4(71). С. 21–29. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_21–29.

TECHNOLOGIES AND MECHANICAL MEANS
IN AGRICULTURE (ENGINEERING SCIENCES)

Original article

Investigation of the movement of a wheeled vehicle along a curved trajectory

**Aleksandr N. Belyaev^{1✉}, Tatiana V. Trishina², Aleksey E. Novikov³, Yury V. Dyachenko⁴,
Irina A. Vysotskaya⁵**

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

⁵Military Educational and Scientific Center of the Air Force N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy (Voronezh) the Ministry of Defence of the Russian Federation

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

Abstract. One of the urgent tasks related to solving the problem of maintaining the stability and controllability of the agricultural vehicle is determining the cornering forces of the soil acting on its wheels from the side of the

deformable support base during curvilinear movement. The development of an accessible and reliable method for calculating lateral reactions will make it possible to predict the probable deviation of a wheeled vehicle from the required trajectory of movement (lateral wheel slipping, sliding or skidding) and adjust, if necessary, on this basis, some necessary operational parameters, such as velocity of translation, turning rate of steering wheels. Data shows that it is not possible to solve correctly and properly the analytically indicated problem, due to the complexity and ambiguity of phenomena and processes occurring at the point of contact of wheel tires with a deformable support base. In accordance with the methodology proposed in this paper, it is recommended in the first instance to obtain the trajectory curve experimentally in the form of a coordinate law of change in a Cartesian-coordinate system, and then determine by calculation the kinematic and dynamic characteristics when studying the movement of a wheeled vehicle along a known trajectory. The actual trajectory of the center of mass of the wheeled vehicle was experimentally obtained by means of the developed method for determining the trajectory of curvilinear motion. The evaluation and analysis of various nature forces inertial effect on the frame of the machine are carried out. Lateral reactions are calculated on the basis of the fundamental Lagrange's differential equation of the second kind and from the equilibrium condition of the machine. The comparative evaluation showed a sufficiently high reproducibility of results, which confirms the adequacy of the proposed methodology for calculating lateral reactions from the side of the wheel mounting surface of the vehicle.

Keywords: wheeled vehicle, trajectory, curvilinear motion, speed, acceleration, radius of curvature, force of inertia, cornering force

For citation: Belyaev A.N., Trishina T.V., Novikov A.E., Dyachenko Y.V., Vysotskaya I.A. Investigation of the movement of a wheeled vehicle along a curved trajectory. Vestnik of Voronezh State Agrarian University. 2021;14(4):21-29. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_21-29.

Одной из сложных проблем, возникающих в процессе эксплуатации колесных машин, является сохранение устойчивости и управляемости при криволинейном движении, особенно на деформированном рыхлом опорном основании. Установлено [3], что наибольшее влияние на формирование боковой реакции со стороны опорной поверхности, от величины которой зависит боковой ввод, скольжение и занос машины, оказывают различного рода инерционные силы.

Таким образом, выявление инерционных сил, действующих на колесную машину, и боковых реакций колес со стороны опорной поверхности при повороте является актуальной задачей, которую, как подтвердили исследования [3, 12], решить точно или только экспериментальным, или только расчетным путем не представляется возможным, ввиду сложности и неоднозначности процессов, протекающих при взаимодействии колеса с деформированным рыхлым опорным основанием. Поэтому в настоящей работе нами предлагается методика их определения с применением как опытного, так и теоретического методов на различных этапах расчета.

Так как получение аналитического описания изучаемой траектории движения, как правило, приводит к не совсем корректным и достоверным результатам, рекомендуется получить ее экспериментальными методами при функционировании колесной машины в условиях реальной эксплуатации, а затем провести исследование движения под действием заданных сил при известном законе изменения кривой линии, очерчиваемой какой-либо характерной точкой, принятой за базовую при решении поставленных задач (центр масс, середина моста и т. д.) [1, 3].

Так как координатный способ задания закона движения тела является наиболее приемлемым для подобного рода исследования [4], текущие координаты криволинейной траектории, например центра масс колесной машины в декартовой системе (точка С на рис. 1), получены экспериментальным путем [11]:

$$x_C = x(t); \quad (1)$$

$$y_C = y(t). \quad (2)$$

Посредством координат (1) и (2) из геометрических соотношений определяются координаты траектории и радиус кривизны любой базовой точки машины.

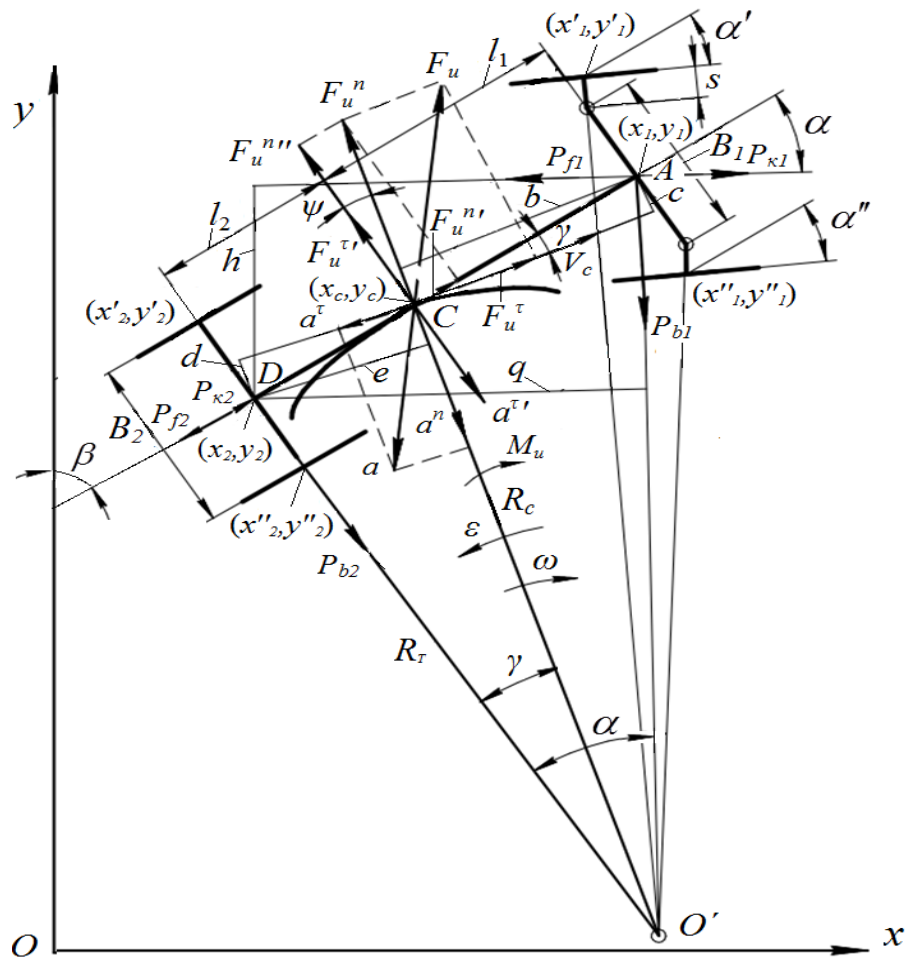


Рис. 1. Схема действия сил при повороте колесной машины

Например, координаты середин осей:

- передний мост:

$$x_1 = x_C + l_1 \cdot \sin \beta;$$

$$y_1 = y_C + l_1 \cdot \cos \beta;$$

- задний мост:

$$x_2 = x_C - l_2 \cdot \sin \beta;$$

$$y_2 = y_C - l_2 \cdot \cos \beta$$

и середины каждого колеса:

- левое переднее:

$$x'_1 = x_C + l_1 \cdot \sin \beta - B_1 / 2 \cdot \cos \beta - s \cdot \cos(\beta + \alpha');$$

$$y'_1 = y_C + l_1 \cdot \cos \beta + B_1 / 2 \cdot \sin \beta + s \cdot \sin(\beta + \alpha');$$

- правое переднее:

$$x''_1 = x_C + l_1 \cdot \sin \beta + B_1 / 2 \cdot \cos \beta + s \cdot \cos(\beta + \alpha'');$$

$$y''_1 = y_C + l_1 \cdot \cos \beta - B_1 / 2 \cdot \sin \beta - s \cdot \sin(\beta + \alpha'');$$

- левое заднее:

$$x'_2 = x_C - l_2 \cdot \sin \beta - B_2 / 2 \cdot \cos \beta;$$

$$y'_2 = y_C - l_2 \cdot \cos \alpha + B_2 / 2 \cdot \sin \beta;$$

- правое заднее:

$$x_2'' = x_C - l_2 \cdot \sin \beta + B_2 / 2 \cdot \cos \beta;$$

$$y_2'' = y_C - l_2 \cdot \cos \beta - B_2 / 2 \cdot \sin \beta,$$

где l_1 и l_2 – продольные координаты остова машины (соответственно расстояния от центра тяжести до середин переднего и заднего мостов), м;

B_1 – расстояние между осями шкворней переднего моста, м;

B_2 – ширина колеи заднего моста, м;

s – плечо обката переднего моста, м;

β – курсовой угол движения остова машины, рад;

α' , α'' – углы поворотов, соответственно наружного и внутреннего по отношению к центру поворота, управляемых колес, град.

Радиус кривизны траектории в данной точке [6, 8]

$$\rho = \frac{(\dot{x}^2 + \dot{y}^2)^{3/2}}{\dot{x}\ddot{y} - \dot{y}\ddot{x}}. \quad (3)$$

Известно [7, 10], что при криволинейном движении появляется боковая сила, которая стремится сдвинуть колесо машины вбок. Со стороны опорной поверхности (дороги, поверхности поля и др.) в противодействие этой силе возникает боковая реакция в контакте колеса с ней – сила, препятствующая боковому уводу колеса и процессам бокового скольжения и заноса. И, очевидно, колесо машины начнет поперечное скольжение (или занос), когда боковая сила станет больше, чем боковая реакция опорной поверхности.

Суммарная сила инерции F_u , возникающая при повороте колесной машины, приложенная к ее центру тяжести и направленная противоположно полному его ускорению $a_c = a$ (рис. 1), определяется по формуле [1, 4]

$$F_u = ma,$$

где m – масса машины, кг;

a – модуль полного ускорения, м/с²

$$a = \sqrt{\ddot{x}^2 + \ddot{y}^2}.$$

Его направление оценивается направляющими косинусами

$$\cos(\overline{a}; \overline{i}) = \frac{\ddot{x}}{a}; \quad \cos(\overline{a}; \overline{j}) = \frac{\ddot{y}}{a}.$$

Проекция полного ускорения на нормаль к кривой траектории в рассматриваемой точке – результирующая центробежная сила инерции (рис. 1)

$$F_u^n = ma^n,$$

где a_n – нормальное ускорение центра масс, м/с².

$$a^n = \sqrt{a^2 - a_\tau^2}.$$

Модуль касательного ускорения определяется по следующей формуле:

$$a^\tau = \frac{\dot{x}\ddot{x} + \dot{y}\ddot{y}}{V},$$

где $V = V_c$ – модуль поступательной скорости движения центра масс колесной машины, м/с.

$$V = \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}.$$

Одна из проекций F_u^n на продольную плоскость машины $F_u^{n'}$ перераспределяет нормальные нагрузки между передними и задними ее колесами (рис. 1)

$$F_u^{n'} = F_u^n \cdot \sin \psi,$$

где ψ – угол наклона результирующей центробежной силы к поперечной плоскости машины, град.

Исследования показали [3, 10], что наиболее существенное влияние на формирование величины боковой реакции оказывает вторая составляющая F_u^n – поперечная (боковая) сила инерции $F_u^{n''}$, которая стремится сдвинуть машину вбок (рис. 1)

$$F_u^{n''} = F_u^n \cdot \cos \psi. \quad (4)$$

Тангенциальная составляющая F_u^{τ} суммарной силы инерции F_u возникает в случае неравномерного движения машины (рис. 1)

$$F_u^{\tau} = m \cdot a^{\tau}$$

и способствует или ускорению, или замедлению поворота, а при некоторых обстоятельствах может являться одной из причин заноса ее задней оси [3].

Наиболее сложным этапом процесса криволинейного движения машины являются участки увеличения кривизны траектории [3, 7, 9, 10], где к центробежной силе F_u^n также добавляются и другие инерционные силы из-за того, что при переходе от прямолинейного движения к установившемуся криволинейному происходит непрерывное изменение положения центра поворота O' , и по такому же характеру уменьшается радиус поворота (3) и соответственно увеличивается угловая скорость поворота ω [9]

$$\omega = \frac{v}{\rho}.$$

Большое значение для боковой устойчивости колесной машины на указанном участке поворота имеет то обстоятельство, что при этом происходит относительное вращение центра тяжести вокруг середины заднего моста (точка D) с тангенциальным ускорением (рис. 1) [4]

$$a^{\tau'} = l_2 \cdot d\omega/dt.$$

Расстояние l_2 от середины заднего моста до центра тяжести в данном случае является радиусом относительного вращения, а угловое ускорение поворота [1, 4]

$$\varepsilon = d\omega/dt.$$

В результате чего появляется действующая в том же направлении, что и сила $F_u^{n''}$ (4), и приложенная к центру тяжести тангенциальная сила инерции (рис. 1) [1, 4]

$$F_u^{\tau'} = m \cdot l_2 \cdot d\omega/dt.$$

Управляемость и устойчивость колесных машин при повороте с малыми радиусами и на самых динамически нагруженных участках поворота с переменной кривизной траектории изучена недостаточно. Исследованию подверглась лишь машина при движении по кругу с малыми скоростями движения. И, как правило, величину боковой реакции определяют путем произведения коэффициента поперечного сцепления шин φ (или, что то же самое, коэффициента скольжения шин в боковом направлении) и веса, приходящегося на колеса, за вычетом величины тяговой нагрузки, развиваемой колесами [7, 9, 10]. Вес, действующий на оси при движении машины по криволинейной траектории, меняется, положение центра тяжести и величина тяговой силы осей также непостоянны [3]. Причем ведущий режим работы колес может меняться на тормозной режим (в силу разных причин, например при уменьшении подачи топлива, при увеличении внешней нагрузки и т. д.).

Анализ большого количества известных исследований взаимодействия колеса с опорной поверхностью показал, что комплексно указанные процессы не описаны, хотя и существенны, имеют при этом место различные толкования понятия боковой реакции и различные методики ее определения, которые с разной степенью точности отражают действительную картину качения колеса и базируются на различных подходах к решаемой задаче, в результате чего получаются отличные друг от друга величины [3].

Так как боковые реакции, действующие на каждое колесо со стороны опорной поверхности при криволинейном движении, оказывают значительное влияние на многие эксплуатационные, кинематические и динамические характеристики колесной машины, необходимость поиска новых, более совершенных и точных методов их определение является актуальной задачей, хотя, надо отметить, сложной и неоднозначной, предполагающей, для эффективного результата, использование множества значений коэффициентов, полученных экспериментально при различных условиях движения [3].

Исходя из этого предложена методика, разработанная на основе фундаментального дифференциального уравнения Лагранжа второго рода, которая позволяет достаточно точно определить численные значения боковых реакций из условий равновесия моментов сил относительно точек A и D [1, 2, 4] (рис. 1):

$$P_{b1} = \frac{(P_{f1} - P_{K1})h + F_u^n \cdot e + F_u^{\tau'} \cdot l_2 - F_u^{\tau} \cdot d - M_u}{q}; \quad (5)$$

$$P_{b2} = \frac{F_u^n \cdot b + F_u^{\tau'} \cdot l_1 - F_u^{\tau} \cdot c + M_u}{L}, \quad (6)$$

где P_{b1} , P_{b2} – соответственно суммарные боковые реакции на колесах переднего и заднего мостов, Н;

$L = l_1 + l_2$ – продольная база машины, м;

P_{f1} – суммарная сила сопротивления качению колес переднего моста, Н;

P_{K1} – суммарная касательная сила тяги на колесах переднего моста, Н.

Основные геометрические величины кинематической схемы поворота по рисунку 1, в том числе расчетные выражения плеч сил для формул (5) и (6), определяются из тригонометрических соображений по выражениям [3]:

$$b = l_1 \cdot \cos \gamma; c = l_1 \cdot \sin \gamma; d = l_2 \cdot \sin \gamma; e = O'D \cdot \sin \gamma = R_T \cdot \sin \gamma;$$

$$q = O'D \cdot \sin \alpha; h = L \cdot \sin \alpha; R_C = \frac{L}{\operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \gamma}; R_T = \frac{L}{\operatorname{tg} \alpha};$$

$$\gamma = \operatorname{arctg} \frac{l_2}{R_T}; \alpha = \operatorname{arctg} \left(\frac{\operatorname{tg} \alpha'' (2R_T - B)}{2R_T} \right).$$

Формулы для определения суммарных касательных сил тяги передних и задних колес имеют следующий вид [1, 2]:

$$P_{K1} = P_K^{\Pi} \cdot \frac{t \cdot \cos \alpha}{(t + \cos \alpha) \cos \gamma}; \quad (7)$$

$$P_{K2} = P_K^{\Pi} \cdot \frac{\cos \alpha}{(t + \cos \alpha) + \cos \gamma},$$

$$\text{где } t = \frac{l_1}{l_2}.$$

Приведенная в (7) касательная сила

$$P_K^{\Pi} = P_f^{\Pi} - F_u^{\tau},$$

где приведенная сила сопротивления качению [1, 2]

$$P_f^{\Pi} = P_{f1}^{\Pi} + P_{f2}^{\Pi} = P_{f1} \frac{\cos \gamma}{\cos \alpha} + P_{f2} \cos \gamma.$$

Суммарные силы сопротивления качению колес переднего и заднего мостов [7, 9, 10]:

$$P_{f1} = N_1 \cdot f \text{ и } P_{f2} = N_2 \cdot f,$$

где f – коэффициент сопротивления качению колес.

Суммарные вертикальные (нормальные) реакции на переднем и заднем мостах [7, 9, 10]:

$$N_1 = \frac{G \cdot l_1}{L} \text{ и } N_2 = \frac{G \cdot l_2}{L},$$

где G – сила веса машины, Н.

Момент сил инерции определяется по формуле [1, 4]

$$M_u = J \varepsilon,$$

где J – осевой момент инерции остова машины, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$.

В качестве объекта исследований выбран колесный трактор класса 2 [5] с соответствующими техническими характеристиками:

$m = 5475$ кг; $L = 2,6$ м; $l_1 = 1,1$ м; $l_2 = 1,5$ м; $B_1 = B_2 = 1,8$ м; $\alpha'' = 15^\circ$, $R_T = 10,603$ м; $R_C = 10,709$ м.

Используя экспериментально полученную, например при круговом беспетлевом повороте со скоростью $V = 1,67$ м/с (рис. 2), в прямоугольной системе координат траекторию точки C – центра масс колесной машины (рис. 1) [3, 11], задаем соответствующий закон ее движения по этой кривой координатным способом и определяем кинематические и динамические характеристики согласно изложенным выше положениям.

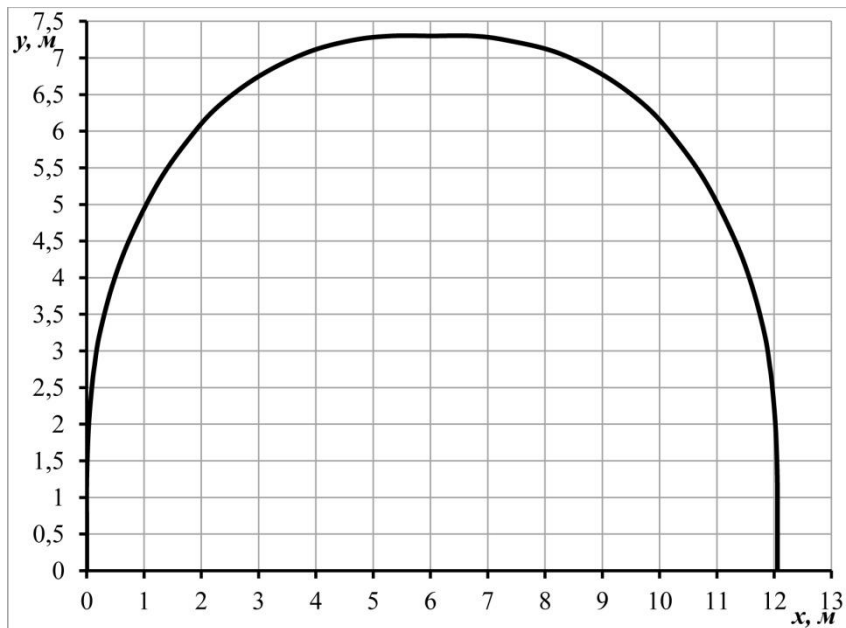


Рис. 2. Экспериментальная траектория поворота

Результаты расчетов боковых реакций на колесах переднего и заднего мостов приведены на рисунке 3.

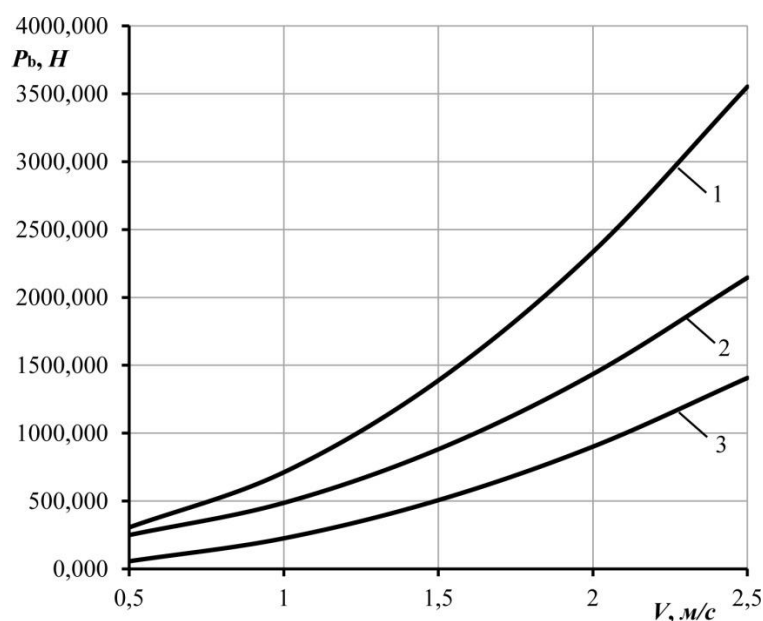


Рис. 3. Зависимость боковой реакции от скорости движения: 1 – P_b ; 2 – P_{b1} ; 3 – P_{b2}

Численная реализация математической модели криволинейного движения той же колесной машины в интерактивной среде программирования Matlab/Simulink [13–15] при тех же начально-исходных параметрах и для получения тех же выходных параметров выявила, что расхождение результатов не выше 3–7% [3].

Таким образом, используя полученные результаты, можно изучать, например, вопрос об устойчивости движения и управляемости любой колесной машины (трактора, автомобиля и любого другого самоходного энергетического средства) при выполнении им различных маневров на повороте. Представленная методика предлагает разложить сложные динамические процессы, в том числе переходные режимы, на простейшие составляющие и позволяет, как на стадии проектирования, так и в процессе эксплуатации колесной машины, определить и проанализировать ее основные кинематические и динамические характеристики при криволинейном движении, в том числе выполнить многовариантные и достаточно адекватные по точности расчеты величин боковых реакций на колесах машины, оценить влияние инерционных сил на их формирование, что количественно и качественно подтверждено альтернативным численным моделированием и экспериментом. На основании этого обеспечиваются рациональные геометрические, кинематические и динамические характеристики и требуемые эксплуатационные параметры функционирования колесной машины за счет выбора и выявления закономерностей изменения оптимальных законов скорости движения машины и углов поворота управляемых колес.

Список источников

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. Москва: Наука, 1988. 640 с.
2. Беляев А.Н. Определение сил при повороте трактора // Техника в сельском хозяйстве. 2012. № 4. С. 22–23.
3. 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.
4. Болотин С.В., Карапетян А.В., Кугушев Е.И., Трещев Д.В. Теоретическая механика: учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования. Москва: Издательский центр «Академия», 2010. 432 с.
5. Виноградов К.Н., А.С. Дурманов, Н.И. Киселев и др. Обоснование параметров и конструкции универсально-пропашного трактора повышенной эффективности. Воронеж: Изд-во Воронежского гос. ун-та, 1978. 164 с.
6. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. Москва: Наука, 1961. 871 с.
7. Гуськов В.В., Велев Н.Н., Атаманов Ю.Е. и др. Тракторы: теория: учебник для вузов по специальности «Автомобили и тракторы». Москва: Машиностроение, 1988. 374 с.
8. Дьяконов В.П. Энциклопедия компьютерной алгебры. Москва: ДМК-Пресс, 2009. 1264 с.
9. Скотников В.А., Мащенко А.А., Солонский А.С. Основы теории и расчета трактора и автомобиля: учебное пособие. Москва: Агропромиздат, 1986. 383 с.
10. Смирнов Г.А. Теория движения колесных машин. 2-е изд., доп. и перераб. Москва: Машиностроение, 1990. 352 с.
11. Способ определения траектории криволинейного движения трактора: пат. 2600002 Рос. Федерация. № 2015119763/13; заявл. 26.05.2015; опубл. 20.10.2016. Бюл. № 29. 6 с.
12. Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем. Минск: Дизайн ПРО, 1997. 640 с.
13. Field R.V., Hurtado E.J. Modeling of dynamic forces of a tractor in the MATLAB-simulink program environment. New York: Society of Automotive Engineers, 2003. 112 p.
14. Klee H., Allen R. Simulation of Dynamic Systems with MATLAB and Simulink. Taylor & Francis Group, LLC, 2018. 853 p.
15. SIMULINK [Электронный ресурс]. URL: <http://matlab.ru/products/simulink> (дата обращения: 20.06.2021).

References

1. Artobolevsky I.I. Teoriya mekhanizmov i mashin [Theory of mechanisms and machines]. Moscow: Nauka; 1988. 640 p. (In Russ.).
2. Belyaev A.N. Opredelenie sil pri povorote traktora [Determination of forces when turning a tractor]. *Tekhnika v sel'skom khozyajstve = Technique in Agriculture*. 2012;(4):22-23. (In Russ.).

3. Belyaev A.N. Povyshenie effektivnosti raboty mashinno-trakornykh agregatov na baze integral'nykh universal'no-propashnykh kolesnykh traktorov [Improving the efficiency of machine-tractor units based on integral universal row-crop wheeled tractors]: dissertatsiya ... doctora tekhnicheskikh nauk = Doctoral Dissertation in Engineering Sciences: 05.20.01. Michurinsk-naukograd; 2019. 440 p. (In Russ.).
4. Bolotin S.V., Karapetyan A.V., Kugushev E.I., Treshchev D.V. Teoreticheskaya mekhanika: uchebnik dlya studentov uchrezhdenij vysshego professional'nogo obrazovaniya [Theoretical mechanics: textbook for students of institutions of higher professional education]. Moscow: Akademiya Press; 2010. 432 p. (In Russ.).
5. Vinogradov K.N., A.S. Durmanov, N.I. Kiselev, et al. Obosnovanie parametrov i konstruktssii universal'no-propashnogo traktora povyshennoj effektivnosti [Substantiation of the parameters and design of a universal row-crop tractor of increased efficiency]. Voronezh: Voronezh State University Press; 1978. 164 p. (In Russ.).
6. Vygodskij M.Ya. Spravochnik po vysshej matematike [Handbook of Higher Mathematics]. Moscow: Nauka Press; 1961. 871 p. (In Russ.).
7. Gus'kov V.V., Velev N.N., Atamanov Yu.E., et al. Traktory. Teoriya: uchebnik dlya vuzov po special'nosti "Avtomobili i traktory" [Tractors. Theory: textbook for universities in the specialty "Cars and tractors"]. Moscow: Mashinostroenie Press; 1988. 374 p. (In Russ.).
8. Diakonov V.P. Entsiklopediya komp'yuternoj algebry [Encyclopedia of computer algebra]. Moscow: DMK-Press; 2009. 1264 p. (In Russ.).
9. Skotnikov V.A., Mashchensky A.A., Solonsky A.S. Osnovy teorii i rascheta traktora i avtomobilya [Foundations of the theory and calculation of a tractor and a car]. Moscow: Agropromizdat Press; 1986. 383 p. (In Russ.).
10. Smirnov G.A. Teoriya dvizheniya kolesnykh mashin. 2-e izdanie, dopolnennoe i pererabotannoe [Theory of motion of wheeled vehicles. 2nd ed., revised and corrected]. Moscow: Mashinostroenie Press; 1990. 352 p. (In Russ.).
11. Sposob opredeleniya traektorii krivolinejnogo dvizheniya traktora [Method of determining the trajectory of the curved movement of a tractor]: patent 2600002 Ros. Federatsiya. №. 2015119763/13; zayavleno 26.05.2015; opublikovano 20.10.2016. Byul. № 29 = Patent 2600002 Russian Federation. No. 2015119763/13, claimed 26.05.2015; published 20.10.2016, Bulletin 29. 6 p. (In Russ.).
12. Tarasik V.P. Matematicheskoe modelirovanie tekhnicheskikh sistem [Mathematical modeling of engineering systems]. Minsk: Dizajn PRO Press; 1997. 640 p. (In Russ.).
13. Field R.V., Hurtago E.J. Modeling of dynamic forces of a tractor in the MATLAB-simulink program environment. New York: Society of Automotive Engineers; 2003. 112 p.
14. Klee H., Allen R. Simulation of Dynamic Systems with MATLAB and Simulink. Taylor & Francis Group, LLC; 2018. 853 p.
15. SIMULINK. URL: <http://matlab.ru/products/simulink>.

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 – аспирант кафедры прикладной механики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», novikov-alexey1@yandex.ru.
Ю.В. Дьяченко – аспирант кафедры прикладной механики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», yuradyachenko@mail.ru.
И.А. Высоцкая – кандидат физико-математических наук, преподаватель кафедры математики ФГКВУ ВО «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж) Министерства обороны Российской Федерации, i.a.trishina@gmail.com.

Information about the authors

A.N. Belyaev, Doctor of Engineering Sciences, Docent, Head of the Dept. of Applied Mechanics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, aifkm_belyaev@mail.ru.
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, Postgraduate Student, the Dept. of Applied Mechanics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, novikov-alexey1@yandex.ru.
Yu.V. Dyachenko, Postgraduate Student, the Dept. of Applied Mechanics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, yuradyachenko@mail.ru.
I.A. Vysotskaya, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Lecturer, Dept. of Mathematics, Military Educational and Scientific Center of the Air Force N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy (Voronezh) the Ministry of Defence of the Russian Federation, i.a.trishina@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 04.10.2021; одобрена после рецензирования 10.11.2021; принята к публикации 20.11.2021.

The article was submitted 04.10.2021; approved after revision 10.11.2021; accepted for publication 20.11.2021.

© Беляев А.Н., Тришина Т.В., Новиков А.Е., Дьяченко Ю.В., Высоцкая И.А., 2021

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 631.312.244

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2021_4_30

Полевые испытания плуга со спонтанно вибрирующими рабочими корпусами

Владимир Васильевич Василенко¹, Сергей Владимирович Василенко^{2✉}

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

²tuli-fruli@mail.ru✉

Аннотация. Основная обработка почвы методом отвальной вспашки очень энергоемка и требует улучшения технологического процесса и конструкции рабочих органов. Вибрация рабочих корпусов плуга существенно облегчает их тяговое сопротивление, поэтому является перспективным направлением научных исследований. Среди всех методов возбуждения вибрации наиболее простым и экономным по затратам энергии является спонтанная вибрация, причем направление колебаний не должно совпадать с направлением движения агрегата. Для количественной оценки эффекта снижения силы тягового сопротивления были проведены полевые опыты с навесным плугом, у которого все четыре рабочих корпуса имели стойки, составленные из вибрирующих в поперечном направлении полос. Варьируемыми факторами были глубина обработки почвы и число полос в каждой стойке, которое изменяло момент инерции сечения стойки. В опытах измерялся коэффициент буксования колес трактора, и по его значению определялось тяговое сопротивление плуга. Обработка результатов измерений проводилась по методу полного двухфакторного эксперимента. Они сравнивались с показателями базового плуга, у которого рабочие корпуса имели жесткие стойки без вибрации. Доминирующим фактором полученной эмпирической зависимости является глубина вспашки. Момент инерции поперечного сечения стоек является незначимым фактором и лишь указывает на тенденцию слабого уменьшения силы сопротивления плуга с увеличением числа вибрирующих полос в каждой стойке. Во всех комбинациях численного значения факторов наблюдалось уменьшение силы тягового сопротивления экспериментального плуга по отношению к базовому плугу. Сила сопротивления уменьшается на 13,5–14,5%, а коэффициент буксования колес трактора – в среднем на 25%.

Ключевые слова: вибрация рабочих корпусов, глубина вспашки, момент инерции сечения, двухфакторный эксперимент, сопротивление плуга

Для цитирования: Василенко С.В., Василенко В.В. Полевые испытания плуга со спонтанно вибрирующими рабочими корпусами // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14, № 4(71). С. 30–38. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_30–38.

TECHNOLOGIES AND MECHANICAL MEANS IN AGRICULTURE (ENGINEERING SCIENCES)

Original article

Field tests of a plough with spontaneously vibrating working bodies

Vladimir V. Vasilenko¹, Sergey V. Vasilenko^{2✉}

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

²tuli-fruli@mail.ru✉

Abstract. Basic soil cultivation by the method of mouldboard plowing is very energy-intensive and requires further improvement of the technological process and the design of the working bodies. The vibration of the working bodies of the plough significantly reduces plowing resistance, therefore it is a promising area of scientific research. Among all methods of vibration excitation, spontaneous vibration is the most common and most energy-efficient, and the direction of vibration should not coincide with the direction of the unit movement. To quantify the effect of reducing plowing resistance, field experiments were conducted with a mounted plough, in which all four working bodies had furrows made up of strips vibrating in the transverse direction. The varying factors were the depth of tillage and the number of strips in each shank, which changed the moment of inertia of shank section. In the experiments, the coefficient of slipping of tractor wheels was measured, and by its value plowing resistance was determined. The processing of the measurement results was carried out by the method of a complete two-factor experiment. They were compared with the indicators of the basic plough, in which the working bodies had rigid shanks without vibration. The dominant factor of the empirical dependence obtained is the depth of plowing. The moment of inertia of the cross-section of shanks, is an insignificant factor and only indicates a tendency for a

slight decrease in the resistance force of the plough with an increase in the number of vibrating strips in each shank. In all combinations of the numerical values of the factors, there was a decrease in plowing resistance of the experimental plough relative to the basic plough. Resistant force decreases by 13.5–14.5%, and the coefficient of tractor wheels slipping by an average 25%.

Keywords: vibration of working bodies, plowing depth, moment of inertia of the section, two-factor experiment, plowing resistance

For citation: Vasilenko V.V., Vasilenko S.V. Field tests of a plough with spontaneously vibrating working bodies. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2021;14(4):30-38. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_30-38.

Введение

Одним из направлений совершенствования плугов является применение вибрации рабочих органов. Особенно эффективной является высокочастотная вибрация с малой амплитудой, измеряемой долями миллиметра [5, 6]. Такая вибрация активизирует контактирующие с рабочим органом слои почвы, нарушает взаимные связи почвенных частиц и способствует их взаимному перемещению, в чем и состоит рыхление. В результате колебаний рабочего органа происходит сползание налипшей почвы, нависших сорняков и, как следствие, уменьшение коэффициента трения лемехов и отвалов о почву, заметно снижается тяговое сопротивление плуга [7]. При таких микроколебаниях направление вибрации не имеет существенного влияния в отличие от спонтанных или принудительных колебаний с амплитудой от одного до 5-8 миллиметров и низкой частотой в пределах до десяти Герц или немногим более [1, 12]. При выборе способа возбуждения вибрации надо иметь в виду, что высокочастотные микроколебания требуют сложного и дорогого оборудования.

Способы принудительной низкочастотной вибрации в патентной литературе предлагаются редко [8], из-за того, что общие затраты энергии на привод вибраторов и на создание силы тяги превышают затраты энергии на работу без вибрации. Спонтанная вибрация подпружиненных рабочих органов применяется гораздо чаще [2, 3, 4], так как она не требует дополнительных затрат энергии. Однако эффективность спонтанной вибрации с продольным направлением колебаний мала, так же как у спонтанных колебаний невысокая виброскорость, которая для положительного эффекта должна превышать скорость движения агрегата [1]. Поэтому рациональной является конструкция пружинистой стойки рабочего корпуса, которая собрана из полос, ориентированных по ходу движения плуга. В этом случае рабочий корпус получает поперечные колебания, при которых виброскорость необязательно должна быть больше скорости движения плуга. Экспериментальный плуг с такой конструкцией стоек был испытан в полевых условиях с целью получения эмпирической зависимости силы тягового сопротивления от глубины вспашки и жесткости стоек по отношению к боковым силам со стороны почвенных пластов. Целью было также определение эффективности вибрации по снижению тягового сопротивления в сравнении с базовой моделью.

Материалы и методы

Экспериментальные исследования проводились в полевых условиях на территории одного из хозяйств Бутурлиновского района Воронежской области. Характеристика почвы приведена в таблице 1.

Испытуемый агрегат состоял из трактора Т-150К и экспериментального плуга, который можно классифицировать как модель ПП-4(+1)-45, поскольку он был полунавесным с пятью рабочими корпусами, из них один съемный, ширина захвата одного корпуса равна 45 см. Главной отличительной особенностью были рабочие корпуса, установленные на вибрирующих стойках, снабженные развитыми углосниками и вертикальными ножами вдоль полевых обреза (рис. 1). Пониженный до 20° угол подъема лемехов вдоль направления движения и применение полосовых отвалов добавляли общую картину конструктивных отличий, которые были направлены на уменьшение тягового сопротивления.

Таблица 1. Почвенные условия полевых испытаний плуга с вибрирующими корпусами

Показатели	Значение показателей
Тип почвы	Выщелоченный чернозем
Рельеф	Ровный
Микрорельеф	Выровненный
Состояние поверхности	Взлущенная стерня, падалица пшеницы высотой до 10 см
Длина гона, м	2300 м
Влажность почвы по слоям, %	
0–10 см	9
10–20 см	14
20–30 см	17
Твердость почвы по слоям, МПа	
0–10 см	0,32
10–20 см	0,74
20–30 см	0,86
Масса растительных остатков, г/м ²	11

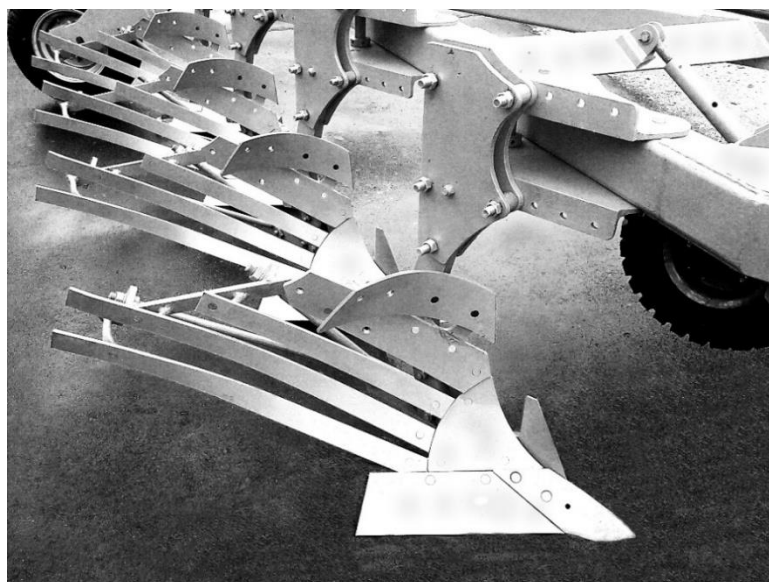


Рис. 1. Рабочие корпуса экспериментального плуга

У плуга было высокое и свободное подрамное пространство, рабочие корпуса вынесены в сторону от главной балки, отсутствовали предплужники, и все это повышало эксплуатационную надежность, так как под рамой не было препятствий для прохождения почвенных пластов, и плуг не забивался даже при встрече с утерянными стеблями кукурузы или подсолнечника. Во время экспериментов плуг работал с четырьмя корпусами, рабочая ширина захвата составляла 1,8 метра. Полунавесной вариант конструкции плуга был принят ради того, чтобы во время дальних переездов агрегата по пересеченной местности он не так сильно, как навесные плуги, нагружал раму трактора на ухабистых дорогах.

На экспериментальном плуге стойки рабочих корпусов были составлены из плоских полос, ориентированных по направлению движения [10]. Каждая полоса имела прямоугольное сечение с размерами $120 \times 10 \text{ мм}^2$ и участок изгиба длиной 500 мм. Число полос в каждой стойке варьировало от трех до пяти. Момент инерции сечения стойки рассчитывался как сумма моментов инерции отдельных полос.

Базовый агрегат состоял из такого же трактора Т-150К и серийного плуга ПЛН-5-35 с пятью рабочими корпусами и общей шириной захвата 1,75 м.

Оба агрегата работали на одном и том же поле. Глубина обработки устанавливалась от 18 до 30 сантиметров с шагом четыре сантиметра, а число полос в стойках изменялось от трех до пяти. По каждой комбинации факторов число параллельных опытов равнялось трем. Во время опытов измерялось буксование ведущих колес тракторов, и коэффициент буксования вычислялся по формуле

$$\delta = 1 - \frac{L}{\pi D m},$$

где δ – коэффициент буксования;

L – зачетный участок измерения, м;

D – диаметр колеса трактора, м;

m – число оборотов колеса на зачетном участке.

В данном случае коэффициент буксования служил промежуточным показателем для определения силы тягового сопротивления плуга по тяговой характеристике трактора [11]. Непосредственные измерения силы тяги навесного или полунавесного орудия сопряжены с техническими трудностями по применению специализированной прицепной тележки с гидрофицированным навесным устройством. Что касается показателей твердости и влажности почвы, то они не определяют численного значения удельного сопротивления почвы. По ним можно судить лишь о тенденции его изменения. Твердость почвы, измеряемая твердомером, на порядок выше удельного сопротивления смятию, применяемого при расчете тягового сопротивления плуга, так как условия внедрения в почву пуансона и рабочего корпуса плуга резко различаются. Пуансон полностью сминает лежащий под ним слой и вдавливают его в охватывающую со всех сторон нетронутую почву. Плужный рабочий корпус имеет режущие кромки, они отрезают пласт, а вся рабочая поверхность лишь отталкивает отрезанный пласт в свободное пространство, сминая его лишь частично.

Результаты и их обсуждение

План полного двухфакторного эксперимента включал определение тягового сопротивления плуга в качестве выходного параметра, или функции отклика y , а также факторы момента инерции x_1 поперечного сечения вибрирующих стоек рабочих корпусов и глубины вспашки x_2 .

Факторы в эксперименте принимали следующие значения:

x_1 : $J = (4 \pm 1) \text{ см}^4$;

x_2 : $a = (24 \pm 6) \text{ см}$.

Линейная эмпирическая зависимость имеет вид

$$y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2, \quad (1)$$

где y – функция отклика;

b_0, b_1, b_2 – коэффициенты уравнения регрессии;

X_1, X_2 – кодовые значения факторов.

Результаты опытов по определению тягового сопротивления вибрирующего плуга приведены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты опытов

Номер опыта	Исходные значения		Кодовые значения		Сопротивление плуга в параллельных измерениях $y: P, \text{ Н}$			Средние значения $P, \text{ Н}$
	$J, \text{ см}^4$	$a, \text{ см}$	X_1	X_2				
1	3	18	-	-	14 220	14 650	16 037	14 969
2	5	30	+	+	26 105	24 065	24 980	25 050
3	5	18	+	-	15 018	14 532	13 413	14 321
4	3	30	-	+	25 405	24 547	26 548	25 500

Проверка воспроизводимости опытов по критерию Кохрена [9], который оценивает однородность дисперсий выходного параметра y у параллельных измерений, про-

ведена при уровне доверительной вероятности $P_G = 0,95$. Однородность дисперсий рассчитывается как отношение максимальной дисперсии к их сумме:

$$G_p = \frac{S_{\max}^2}{\sum_{k=1}^N S_k^2},$$

где G_p – расчетное значение критерия Кохрена;

$S_{\max}^2$ – максимальное значение дисперсий, H^2 ;

S_k^2 – дисперсии параллельных измерений;

N – число опытов.

Расчетное значение критерия Кохрена $G_p = 0,288$ оказалось меньше табличного $G_T = 0,770$, следовательно, дисперсии измерений однородны, а сами опыты воспроизводимы.

Коэффициенты уравнения (1) были рассчитаны с использованием данных таблицы 2 по выражению

$$b_i = \frac{1}{N} \cdot \sum_{k=1}^N X_{ik} \cdot \bar{y}_k; \quad i = 0, \dots, n, \quad (2)$$

где b_i – коэффициенты уравнения регрессии;

X_{ik} – кодовые значения факторов по каждому опыту;

$\bar{y}_k$ – среднее значение функции отклика в каждом из N опытов;

n – число факторов, включая свободный член уравнения.

Полученные значения коэффициентов:

$b_0 = 19\,960$;

$b_1 = -275$; $b_2 = 5\,315$.

Значимость каждого коэффициента определяли по t -критерию Стьюдента и сравнивали с его расчетным значением

$$t_p = \frac{|b_i| \cdot \sqrt{N}}{S_y},$$

где $|b_i|$ – модули коэффициентов;

S_y – среднеквадратичное отклонение функции отклика, которое вычисляется по средней дисперсии параллельных измерений S_k^2 , поделенной на число измерений в каждом опыте.

Критическое значение t -критерия при доверительной вероятности $P_t = 0,975$ и числе степеней свободы $f = 4 \cdot (3 - 1) = 8$ определили по таблицам как $t_T = 2,31$. Значимыми оказались коэффициенты $t_{p0} = 72,6 > 2,31$ и $t_{p2} = 19,33 > 2,31$. У первого коэффициента расчетный критерий $t_{p1} = 1$ оказался меньше критического, поэтому первый критерий признан незначимым. Однако для представления о тенденции его влияния на эмпирическую зависимость искомой функции (1) приведем полный вид уравнения регрессии в кодовых переменных:

$$y = 19\,960 - 275X_1 + 5\,315X_2. \quad (3)$$

В дальнейших преобразованиях уравнения (3) коэффициенты, вычисленные по выражению (2), и факторы преобразованы из кодовых безразмерных в натуральные с использованием их взаимозависимости:

$$X_i = \frac{x_i - x_i^0}{\Delta x_i}, \quad (4)$$

где x_i – натуральный фактор;

x_i^0 – среднее значение натурального фактора;

Δx_i – шаг изменения натурального фактора.

Уравнение (4) приобретает промежуточный вид

$$P = 19969 - 275 \cdot \frac{J - 4}{1} + 5315 \cdot \frac{a - 24}{6}$$

и окончательно

$$P = 886a - 275 \cdot J - 191, \quad (5)$$

где P – тяговое сопротивление плуга, Н;

a – глубина вспашки, см;

J – момент инерции поперечного сечения стойки, см⁴.

Проверка пригодности уравнения (5) к использованию проведена по критерию Фишера

$$F_p = \frac{S_{ad}^2}{S_y^2},$$

где F_p – критерий адекватности по Фишеру;

S_{ad}^2 – дисперсия адекватности;

S_y^2 – дисперсия средних значений функции отклика.

Дисперсию адекватности вычисляли по выражению

$$S_{ad}^2 = \frac{1}{f_{ad}} \cdot \left(\sum_{k=1}^N \bar{y}_k^2 - N \cdot \sum_{i=1}^n b_i^2 \right),$$

где f_{ad} – число степеней свободы дисперсии адекватности;

$f_{ad} = N - (n + 1) = 4 - (2 + 1) = 1$.

В результате расчетов оказалось:

$$S_{ad}^2 = 8\,702;$$

$$S_y^2 = 302\,578;$$

$$F_p = 0,0288.$$

Табличное значение критерия Фишера определяли с учетом допустимой вероятности $P_f = 0,95$ и числа степеней свободы числителя $f_{ad} = 1$ и знаменателя $f = 8$. По таблице критическое значение критерия Фишера: $F_T = 5,32$. Расчетное значение значительно меньше табличного, следовательно, выражения (3) и (5) адекватно описывают полученные экспериментальные данные.

По результатам полного двухфакторного эксперимента построена поверхность отклика (рис. 2), по которой видно доминирующее влияние глубины вспашки на тяговое сопротивление экспериментального плуга.

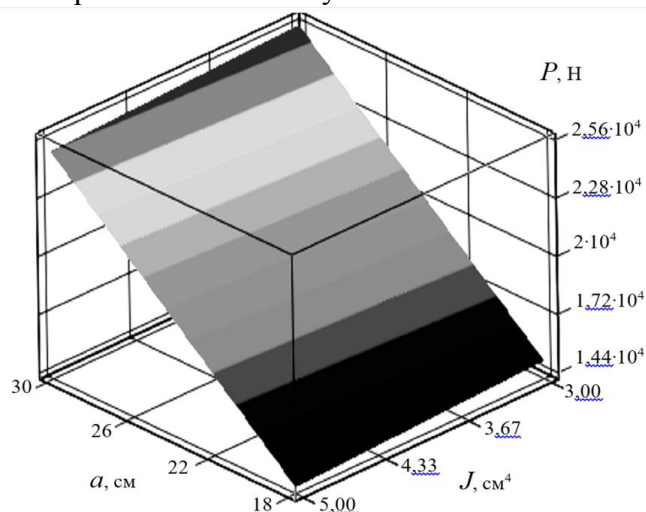


Рис. 2. Зависимость тягового сопротивления плуга от глубины вспашки и момента инерции сечений вибрирующих стоек рабочих корпусов

В пределах исследованного диапазона глубины вспашки от 18 до 30 сантиметров и момента инерции поперечного сечения стоек рабочих корпусов от 3 до 4 см⁴ зависимость может быть аппроксимирована линейной функцией. Учитывая незначительность влияния момента инерции сечения стоек, их можно собирать в пакеты из четырех полос, что соответствует требованию прочности при вспашке на максимально допустимую по агротехнике глубину. Для количественной оценки влияния вибрации на тяговое сопротивление были поставлены на этом же поле опыты по определению тягового сопротивления серийного плуга без вибрации рабочих органов. Из трехмерного графика на рисунке 2 выделено сечение по плоскости $J = 4 \text{ см}^4$ и представлено на рисунке 3 в виде кривой $P_{\text{расч.}}$. Аналогичные данные для серийного плуга представлены на рисунке 4. По опытным данным оказалось, что спонтанная вибрация рабочих органов уменьшает тяговое сопротивление плуга на 13,5–14,5%, а коэффициент буксования колес трактора – в среднем на 25%.

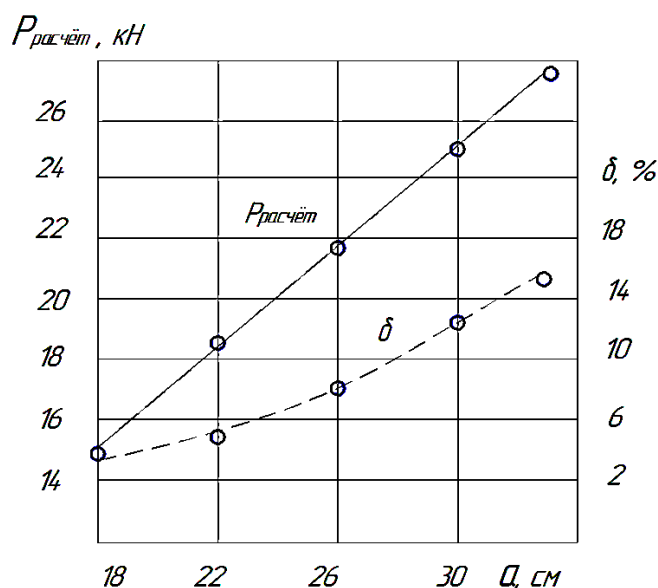


Рис. 3. Влияние глубины вспашки вибрирующим плугом на его тяговое сопротивление и коэффициент буксования колес трактора при $J = 4 \text{ см}^4$ (экспериментальные данные)

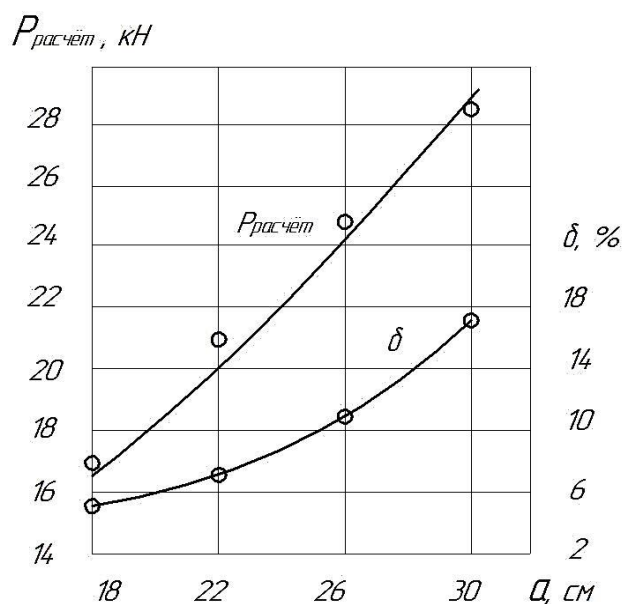


Рис. 4. Влияние глубины вспашки серийным плугом на его тяговое сопротивление и коэффициент буксования колес трактора (экспериментальные данные)

Выводы

В результате полевых опытов получена двухфакторная эмпирическая зависимость силы тягового сопротивления экспериментального плуга со спонтанно вибрирующими рабочими корпусами от глубины вспашки и момента инерции поперечного сечения вибрирующих стоек.

Эмпирическая функция обладает адекватностью с вероятностью 0,95.

Доминирующим фактором является глубина вспашки.

Момент инерции поперечного сечения стоек является незначимым фактором и лишь указывает на тенденцию слабого уменьшения силы сопротивления плуга с увеличением числа вибрирующих полос в каждой стойке.

Во всех комбинациях численного значения факторов и повторностям параллельных измерений наблюдалось уменьшение силы тягового сопротивления экспериментального плуга по отношению к базовому плугу с жестко закрепленными рабочими корпусами. Сопротивление плуга уменьшается на 13,5–14,5%, а коэффициент буксования колес трактора – в среднем на 25%.

Библиографический список

1. Василенко В.В., Афоничев Д.Н., Василенко С.В., Тимофеев И.Ю. 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.
2. Вибрационный глубокорыхлитель почвы: пат. 2449522 Рос. Федерация. № 2010128595/13, заявл. 09.07.2010, опубл. 20.01.2012, Бюл. № 13. 7 с.
3. Культиватор на упругих стойках: пат. 2382538 Рос. Федерация. № 2008117945/12, заявл. 04.05.2008, опубл. 27.02.2010, Бюл. № 6. 4 с.
4. Культиватор: пат. 2276491 Рос. Федерация. № 2003120295/12, заявл. 02.07.2003, опубл. 20.05.2006, Бюл. № 14. 3 с.
5. Мяло В.В., Мазуров В.В. Энергосберегающие технологии при обработке почвы // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2016. № 3 (23). С. 242–244.
6. Навесной тракторный плуг: пат. 2084091 Рос. Федерация. № 95103601/13, заявл. 14.03.1995, опубл. 20.07.1997, Бюл. № 20. 3 с.
7. Общие сведения о вибрации [Электронный ресурс]. URL: <http://mydocx.ru/11-59104.html> (дата обращения: 21.07.2021).
8. Рабочий орган культиватора: пат. 2428825 Рос. Федерация. № 2009136304/21, заявл. 30.09.2009, опубл. 20.09.2011, Бюл. № 26. 5 с.
9. Табличные значения критериев [Электронный ресурс]. URL: <http://files.khadi.kharkov.ua/item/download> (дата обращения: 20.06.2021).
10. 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: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. Ч. II. С. 289–293.
11. Тяговые характеристики сельскохозяйственных тракторов. Альбом-справочник. Москва: Россельхозиздат, 1979. 240 с.
12. Федоренко И.Я. Теория взаимодействия вибрационных рабочих органов с почвой // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 3. С. 15–19.

References

1. Vasilenko V.V., Afonichev D.N., Vasilenko S.V., Timofeev I.Yu. 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.).
2. Vibratsionnyy glubokorykhritel' pochvy [Vibratory sub-soil cultivator]: patent 2449522 Ros. Federatsiya. № 2010128595/13, заявлено 09.07.2010, опубликовано 20.01.2012, Byul. № 13 = Patent 2449522 Russian Federation. No. 2010128595/13; claimed 09.07.2010; published 20.01.2012, Bulletin 13. 7 p. (In Russ.).
3. Kul'tivator na uprugikh stojkakh [Cultivator with elastic plow body legs]: patent 2382538 Ros. Federatsiya. № 2008117945/12; заявлено 04.05.2008; опубликовано 27.02.2010, Byul. № 6 = Patent 2382538 Russian Federation. No. 2008117945/12; claimed 04.05.2008; published 27.02.2010, Bulletin 6. 4 p. (In Russ.).
4. Kul'tivator [Cultivator]: patent 2276491 Ros. Federatsiya. № 2003120295/12; заявлено 02.07.2003; опубликовано 20.05.2006, Byul. № 14 = Patent 2276491 Russian Federation. No. 2003120295/12; claimed 02.07.2003; published 20.05.2006, Bulletin 6. 3 p. (In Russ.).
5. Myalo V.V., Mazurov V.V. Energoberegayushchie tekhnologii pri obrabotke pochvy [Energy-saving technologies in soil treatment]. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Omsk State Agrarian University*. 2016;3(23):242-244. (In Russ.).
6. Navesnoj traktornyj plug [Tractor-mounted cultivator]: patent 2084091 Ros. Federatsiya. № 95103601/13; заявлено 14.03.1995; опубликовано 20.07.1997, Byul. № 20 = Patent 2084091 Russian Federation. No. 2003120295/12; claimed 14.03.1995; published 20.07.1997, Bulletin 20. 3 p. (In Russ.).
7. Obshchie svedeniya o vibratsii [General information about vibration]. URL: <http://mydocx.ru/11-59104.html>. (In Russ.).
8. Rabochij organ kul'tivatora [Cultivator's tillage tool]: patent 2428825 Ros. Federatsiya. № 2009136304/21; заявлено 30.09.2009; опубликовано 20.09.2011, Byul. № 26 = Patent 2428825 Russian Federation. No. 2009136304/21; claimed 30.09.2009; published 20.09.2011, Bulletin 26. 5 p. (In Russ.).
9. Tablichnye znacheniya kriteriev [Tabulated values of criteria]. URL: <http://files.khadi.kharkov.ua/item/download>. (In Russ.).
10. Timoshenko F.A., Vasilenko V.V., Vasilenko S.V. Vibriruyushchaya stojka rabocheho korpusa pluga [Vibrating rack of the working body of the plow]. *Molodezhnyj vektor razvitiya agrarnoj nauki: materialy 67-j studencheskoj nauchnoj konferentsii = Youth vector of development of agrarian science: proceedings of the 67th student scientific conference*. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press, 2016. Part II. P. 289-293. (In Russ.).
11. Tyagovye kharakteristiki sel'skokhozyajstvennykh traktorov. Al'bom-spravochnik [Pull characteristics of agricultural tractors. Album-Manual]. Moscow: Rossel'khozizdat Press, 1979. 240 p. (In Russ.).
12. Fedorenko I.YA. Teoriya vzaimodejstviya vibratsionnykh rabochikh organov s pochvoj [Theory of interaction between vibratory tillage tools and soil]. *Traktory i sel'hozmashiny = Tractors and Agricultural Machinery*. 2016;(3):15-19. (In Russ.).

Информация об авторах

В.В. Василенко – доктор технических наук, профессор кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», vladva.vasilenko@yandex.ru.

С.В. Василенко – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной механики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», tuli-fruli@mail.ru.

Information about the authors

V.V. Vasilenko, Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, vladva.vasilenko@yandex.ru.

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.

Статья поступила в редакцию 10.10.2021; одобрена после рецензирования 18.11.2021; принята к публикации 20.11.2021.

The article was submitted 10.10.2021; approved after revision 18.11.2021; accepted for publication 20.11.2021.

© Василенко В.В., Василенко С.В., 2021

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 595.782.082.26

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2021_4_39

**Биореактор для интенсификации процесса культивирования
и сортировки насекомых на примере *Galleria mellonella***

Владислав Васильевич Соколов¹, Анастасия Сергеевна Осокина^{2✉},

Владимир Вениаминович Касаткин³

^{1,3}Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, Ижевск, Россия

²Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Ижевск, Россия

²anastasia.osokina2017@yandex.ru✉

Аннотация. Потенциал АПК можно раскрыть, привлекая ресурсы из нескольких отдельных или смежных отраслей на основе интенсификации производства. Поиск перспективных источников биосырья для получения сельхозпродукции является важным стратегическим направлением устойчивого развития аграрной сферы. В настоящее время к таким источникам можно отнести насекомых, для массового культивирования которых в промышленных масштабах используют различные установки. Рассмотрен технологический цикл культивирования и сортировки высококачественного биосырья – личинки восковой моли, основанный на принципе поддержания определенного температурного градиента с помощью конвективного теплообмена. Исследования включали следующие этапы: разработку конструкции, изготовление макетного устройства для культивирования и сортировки личинок; сравнительную оценку эффективности с прототипом (в лабораторных условиях); анализ показателей качества полученного биосырья и временного температурного градиента. Определен оптимальный режим работы, при котором цикл развития личинок в экспериментальной установке (ЭУ, получен патент на полезную модель) происходит быстрее на 15%, что ускоряет процесс культивирования. Выявлено, что масса личинок в ЭУ достоверно на 42% больше, чем в установке без применения электротехнологий. Второй этап технологического цикла заключался в сортировке личинок от корма, паутины и продуктов жизнедеятельности, для чего необходимо создавать оптимальный режим нагрева: на 1-м этапе культивирования нагрев производится до 40°C при экспозиции 8 дней, на 2-м этапе сортировки – до 55°C при экспозиции 20 мин. нагрев от процесса культивирования до процесса сортировки (40 → 55°C) занимает 60 мин. За это время 100% личинок переходит в контейнер, при этом сбор биосырья в ЭУ в 4 раза выше, т. е. разработанная ЭУ имеет более высокую экономическую эффективность по сравнению с прототипом. Предлагаемая технология позволяет эффективно решать проблему культивирования и сортировки личинок *G. mellonella* с регуляцией температурного режима и влажности.

Ключевые слова: личинки восковой моли, биореактор, конвективный теплообмен, температурный градиент, культивирование, сортировка, экономическая эффективность

Для цитирования: Соколов В.В., Осокина А.С., Касаткин В.В. Биореактор для интенсификации процесса культивирования и сортировки насекомых на примере *Galleria mellonella* // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14, № 4(71). С. 39–48. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_39–48.

ELECTROTECHNOLOGIES AND ELECTRIC EQUIPMENT
IN AGRICULTURE (ENGINEERING SCIENCES)

Original article

**Bioreactor for intensification of the process of cultivation
and sorting of insects on the example of *Galleria mellonella***

Vladislav V. Sokolov¹, Anastasia S. Osokina², Vladimir V. Kasatkin³

^{1,3}Izhevsk State Agricultural Academy

²Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Izhevsk, Russia

²anastasia.osokina2017@yandex.ru✉

Abstract. The potential of the Agro-Industrial Complex can be revealed by attracting resources from several separate or related industries based on the intensification of production. The search for promising sources of bio-raw materials for obtaining agricultural products is an important strategic direction for the sustainable development of the agricultural sector. At present or in the future such sources include insects, for the mass cultivation of which

various devices are used on an industrial scale. The authors considered technological cycle of cultivation and sorting of high-quality bio-raw material, larvae of wax moth in particular, based on the principle of maintaining a certain temperature gradient using convective heat transfer. The research included the following stages: design development, manufacture of a mock-up test sample for cultivating and sorting of larvae; comparative evaluation of efficiency with a prototype (in laboratory conditions); analysis of the quality indicators of the obtained bio-raw materials and the time temperature gradient. The optimal operating mode has been determined, in which the development cycle of larvae in an experimental setup (a patent-protected ES) is 15% faster, which accelerates the cultivation process. It was revealed that the mass of larvae in the ES is by 42% greater than in the setup without the use of electrical technologies. The second stage of the technological cycle consisted in sorting larvae from feed, cobweb and waste products, for which it is necessary to create an optimal heating mode: at the first stage of cultivation, heating is carried up to 40°C an exposure of 8 days, at the second stage of sorting up to 55°C with an exposure of 20 minutes, heating from the cultivation process to the sorting process (40 → 55°C) lasted 60 minutes. During this time, 100% of the larvae overpass into the container, due to this fact the collection of bio-raw material in the ES is 4 times greater, i.e. the developed ES is characterized by higher economic efficiency as compared to the prototype. The proposed technology makes it possible to effectively solve the problem of cultivation and sorting of *G. mellonella* larvae with temperature and humidity regulation.

Keywords: larvae of wax moth, bioreactor, convective heat exchange, temperature gradient, cultivation, sorting, economic efficiency

For citation: Sokolov V.V., Osokina A.S., Kasatkin V.V. Bioreactor for intensification of the process of cultivation and sorting of insects on the example of *Galleria mellonella*. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2021;14(4):39-48. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_39-48.

Введение
Агропромышленный комплекс России является многоотраслевой системой, которая включает в себя более 60 отраслей и подотраслей: сельское хозяйство, пищевую и биологическую промышленность, пищевое, сельскохозяйственное и автотракторное машиностроение, производство химических удобрений, средств защиты растений, ветеринарную и санитарно-эпидемиологическую службы и т. д. Потенциал АПК можно раскрыть, привлекая ресурсы из нескольких отдельных или смежных отраслей на основе интенсификации производства.

Поиск перспективных источников биосырья для получения сельскохозяйственной продукции является важным стратегическим направлением дальнейшего развития. В настоящее время к таким источникам можно отнести насекомых. Для массового культивирования насекомых в промышленных масштабах используют различные установки [4, 5, 6].

Исследователями предлагаются различные конструкции устройств, которые в основном имеют горизонтальное и вертикальное расположение. Биореактор для культивирования и сортировки предназначен для выращивания и автоматизированного извлечения из питательного субстрата личинок большой восковой моли (ЛБВМ). Указанная цель достигается использованием в биореакторе двух режимов нагрева: обычного, равномерного для выращивания ЛБВМ и градиентного для автоматизированного извлечения ЛБВМ. Градиентный режим реализуется по окончании цикла выращивания ЛБВМ путем конструктивного разделения камеры биореактора при помощи перегородки на рабочий и вспомогательный объемы, причем рабочий объем прогревается неравномерно, так, что ЛБВМ собираются в устройстве сбора (лотке) во вспомогательном объеме [1]. Это позволяет значительно снизить трудоемкость извлечения личинок из питательного субстрата.

По литературным данным выращивание *G. mellonella* в лабораторных условиях подразумевает соблюдение трех основных правил: поддержание постоянной температуры 30–32°C, относительной влажности 60–70%, постоянной темноты [7–11]. Полный цикл развития насекомого составляет в среднем 40–50 дней. Для успешного производства биоматериала в промышленных условиях требуется соблюдение правила непрерывности культивирования и сортировки личинок. Проблема возникает на этапе сортировки, так как этот процесс осуществляется вручную, что замедляет технологический цикл получения биосырья. Особенностью сортировки является необходимость отделения от личинок паутины, продуктов жизнедеятельности и корма.

Цель нашей работы: разработать устройство с непрерывным технологическим циклом культивирования и сортировки личинок *G. mellonella* с дальнейшим использованием в медицине и агропромышленном комплексе.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились на базе Ижевской государственной сельскохозяйственной академии и Удмуртского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук и включали следующие этапы:

- разработку конструкции;
- изготовление макетного устройства для культивирования и сортировки личинок;
- оценку эффективности работы устройства в лабораторных условиях в сравнении с прототипом;
- анализ показателей качества полученного биосырья и временного температурного градиента.

Объект исследований – личинки *G. mellonella* (личинки большой восковой моли – ЛБВМ).

Для объективной оценки работы устройства с одной маточной культуры были взяты имаго в равном количестве самцов ($n = 20$) и самок ($n = 20$) для оплодотворения и откладки яиц, расположенные на рамки контрольной группы (КГ) и экспериментальной группы (ЭГ).

Контрольная группа (КГ) личинок располагалась в неотапливаемом устройстве с 5 горизонтальными рамками, расстояние между ними 1,5 см. Экспериментальная группа помещалась в устройство, в котором рамки с пчелиной сушью располагались в касете горизонтально, расстояние между ними составляло 1,5 см.

В опытах использовали пленочные электронагреватели, которые находятся на внешней поверхности боковых стенок разработанного устройства. Основной перенос тепла в устройстве осуществляется за счет конвективного теплообмена. Стрелочками показаны воздушные конвекционные потоки. Длина стрелок на этом рисунке не отражает интенсивность этих конвекционных потоков.

Упрощенная схема для моделирования устройства (вид сбоку без боковой стенки) представлена на рисунке 1.

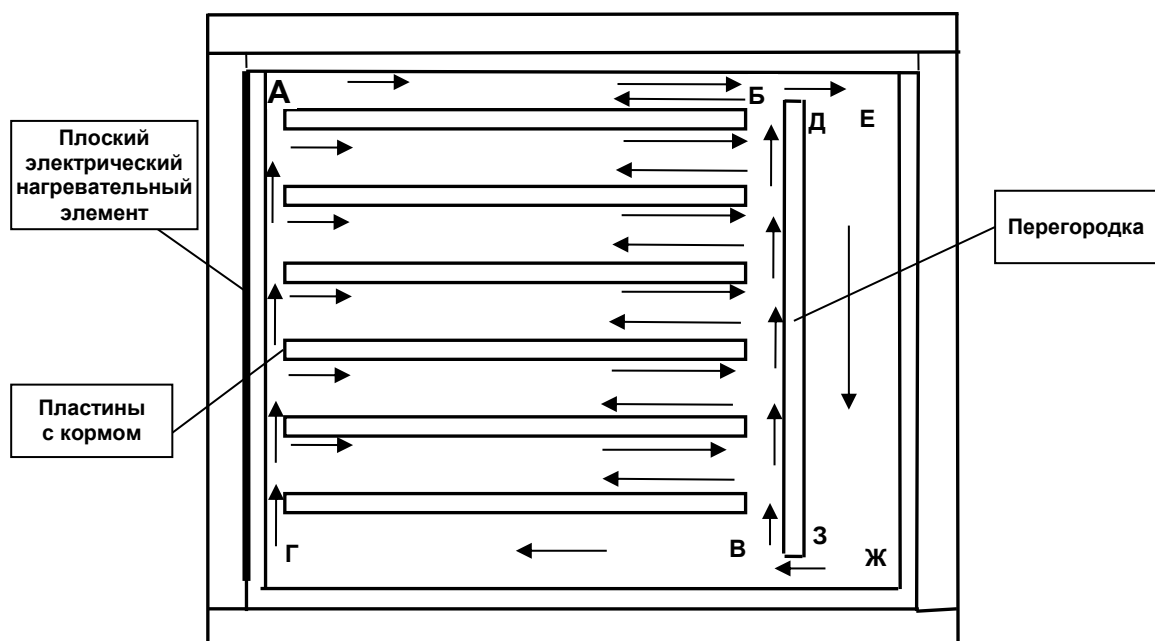


Рис. 1. Упрощенная схема для моделирования устройства

Если тепловые потоки будут эквивалентны электрическому току, то разность температур будет эквивалентна разности потенциалов, а количество переносимого тепла – количеству электричества (табл. 1).

Таблица 1. Соотношение аналогий электрических и тепловых параметров

Электрическая цепь			Тепловая цепь		
Наименование	Обозначение, формула	Ед. изм.	Наименование	Обозначение, формула	Ед. изм.
Удельное сопротивление	ρ	(Ом·м ²)/м или Ом·м	Удельная теплопроводность	λ	Вт/(м·К)
Электрическое сопротивление	$R = \rho \cdot (1/S)$	Ом	Тепловое сопротивление	R_t	С°/Вт
Ток	I	Ампер	Тепловой поток	P	Вт.
Напряжение	V	Вольт	Перегрев	θ	К, С°
Потенциал	ϕ	Вольт	Температура	T	К, С°

Расчет плотности теплового потока производится по формуле

$$P_i = S_i p, \quad (1)$$

где P_i – энергетический поток в пространстве между пластинами;

S_i – площадь стенки между пластинами;

p – плотность энергетического потока.

Необходимо соблюдать условие однородности как по всему объему устройства, так и по всему эксперименту, т. е. на всех этапах: начиная с культивирования личинок и заканчивая их сортировкой.

В соответствии с особенностями конвекционного движения воздушного потока он будет лимитироваться воздушными зазорами. При этом при движении с нижнего уровня устройства к верхним уровням в этот воздушный поток будут добавляться тепловые потоки, проходящие от нагревателя через воздушные промежутки между пластинами с кормом, поэтому тепловой поток будет выражаться формулой (2)

$$P_{Rk_i} = \sum_{j=1}^i P_{Rs_j}, \quad (2)$$

где P_{Rk_i} – суммарный тепловой поток через Rk_i ;

P_{Rs_j} – тепловые потоки с нижних уровней устройства начиная с первого.

Тепловые потоки будут приводить к наращиванию температуры в виде перегрева на все более высоких уровнях устройства, которое будет определяться по формуле (3)

$$\theta_{Rk_i} = \sum_{j=1}^i R_{k_i} P_{Rs_j}, \quad (3)$$

где θ_{Rk_i} – величина температуры перегрева от теплового потока как суммы тепловых потоков с нижних уровней.

Из выражения (3) видно, что после каждого уровня происходит нарастание перегрева, которое, в общем-то, не зависит от теплового сопротивления промежутка между пластинами с кормом и определяется тепловым потоком непосредственно с нагревателя. С другой стороны, перегрев определяется суммой потоков с нижних уровней, и чем больше уровней, тем больше суммарное нарастание:

$$\theta = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^i R_{k_i} P_{Rs_j}. \quad (4)$$

С помощью выражения (4) определяют температуру перегрева в точке на выходе с пластин с кормом, а выражения (5) – итоговый перегрев в верхней точке устройства для Rk_i .

Так как итоговый перегрев отсчитывается от точки отвода тепла с пластины с кормом, то есть правой точки, то эта точка является своего рода пьедесталом, от которого отсчитывается перегрев левой точки пластины с кормом. Тогда итоговый перегрев для левой зоны каждой пластины будет определяться как сумма перегревов по формуле (5)

$$\theta_{\text{сумм}i} = P_{si} + \sum_{j=1}^i R_{ki} P_{Rs_j} . \quad (5)$$

Из выражения (5) следует, что для создания наиболее однородных условий и градиента температуры необходимо уменьшать тепловое сопротивление, в идеале делая его нулевым. Этого можно достичь увеличением зазора между пластинами с кормом и перегородкой.

Таким образом, представленная модель устройства позволяет регулировать его свойства и искать оптимальное соотношение градиента температуры и элементов конструкции.

Результаты и их обсуждение

Культивирование

Наиболее близкой конструкцией биореактора к предлагаемому решению для культивирования личинок *G. mellonella* является устройство «Молярий» по типу термостата. Эта конструкция представляет собой термоизолированный короб, снабженный двумя электрическими нагревателями, расположенными на противоположных сторонах короба для обеспечения однородности нагрева. В нем создается необходимая для развития личинок *G. mellonella* температура, темнота и влажность [2].

Недостатком выбранного наиболее близкого решения (как и всех ранее рассмотренных аналогичных решений) является то, что личинки *G. mellonella*, развиваясь, плетут паутину, биологически необходимую при их естественном развитии – для защиты от пчел. Эта паутина соединяет между собой все части питательного субстрата и экскрементов личинок *G. mellonella*, превращая его в сплошной ковер, внутри которого и живут личинки большой восковой моли. Обычно для извлечения личинок *G. mellonella* ковер, в котором личинки укрывают себя от неблагоприятных для них факторов, необходимо разрушать. В наиболее близкой конструкции биореактора само извлечение производят вручную после выращивания ЛБВМ, что является очень кропотливой и трудоемкой операцией.

Авторами была поставлена задача создания полезной модели устройства, которое бы максимально соответствовало биологии развития личинок *G. mellonella* в лабораторных условиях и облегчало бы извлечение личинок *G. mellonella* из субстрата по завершении процесса их выращивания.

Первая часть эксперимента заключалась в изучении процессов жизнедеятельности личинок при культивировании в разных устройствах при разных температурных условиях. Из предыдущих экспериментов было установлено, что градиент температуры, при которой личинки активно передвигались к открытой перегородке в холодное отделение, составляет 45–55°C. Замечено, что при температуре 40°C личинки остаются на сотовых рамках, активно питаются, поэтому данный градиент был взят в ЭГ. Схема эксперимента представлена в таблице 2.

Таблица 2. Постановка эксперимента по изучению процессов жизнедеятельности личинок *G. mellonella* в разных устройствах на этапе культивирования

Группа	Температура, °C	Влажность, %	Расположение рамок
Контрольная	30	70	Вертикально
Экспериментальная	40	70	Горизонтально

Температура в ЭГ поддерживалась в диапазоне 40°C инфракрасным обогревателем типа ПЛЭН с помощью терморегулятора. Относительная влажность (60–70%) в КГ и ЭГ контролировалась гигрометром и поддерживалась за счет регулярного сбрызгивания водой рамок из ручного пульверизатора. Эксперимент производили в трехкратной повторности.

Полученные данные подвергали статистической обработке методами вариационной статистики с проверкой достоверности результатов с помощью критерия Стьюдента и уровня значимости (P) на персональном компьютере с использованием пакета прикладной программы MS OFFICE (Microsoft Excel).

В период наблюдения за процессами жизнедеятельности личинок на этапе культивирования измеряли их морфофизиологические показатели, изучали поведенческие реакции. Исследования показали, что развитие личинок в ЭГ проходит быстрее, чем в КГ (табл. 3).

Таблица 3. Морфофизиологические показатели личинок, культивированных в разных устройствах

Показатели	Масса	Длина	Головная капсула
	мг	мм	
Контрольная группа			
$\bar{X} \pm m$	$0,12 \pm 0,005$	$1,87 \pm 0,036$	$2,15 \pm 0,04$
Cv, %	32,51	15,22	12,05
Экспериментальная группа			
$\bar{X} \pm m$	$0,17 \pm 0,005^*$	$1,92 \pm 0,036^*$	$2,36 \pm 0,04^*$
Cv, %	20,45	11,99	4,37

Примечание: * – $P \leq 0,001$.

Отмечены достоверные превышения показателей личинок ЭК по сравнению с КГ: масса личинок – на 0,05 мг; длина личинок – на 0,05 мм; головная капсула личинок – на 0,21 мм, что соответствует VII возрасту (некоторые личинки готовились к окукливанию). В ЭГ личинки активно питались, не распозались по ящику.

По данным таблицы 3 можно сказать, что в ЭГ личинки развиваются активнее и быстрее достигают стадии куколки.

Сортировка

Вторая часть эксперимента заключалась в изучении процессов сортировки личинок *G. mellonella* при разных температурных условиях.

Эффективность сортировки личинок оценивалась сразу же после окончания эксперимента по культивированию, при открытии перегородки в сортировочный контейнер. Температура в ЭГ повышалась до 55°C при экспозиции 20 минут. Эксперимент ставился в трехкратной повторности. Схема эксперимента представлена в таблице 4.

Таблица 4. Постановка эксперимента по изучению оптимальных условий для сортировки личинок *G. mellonella* в теплом отделении

Температурный градиент, °C	Экспозиция, мин.	Расположение личинок на рамках
45 – контроль	10, 15, 20	1. Верхняя рамка (n = 20) 2. Нижняя рамка (n = 20) 3. Верхняя, средняя и нижняя рамки (n = 60)
35		
50		
55		
60		

Серия экспериментов по изучению предельной температуры для процессов жизнедеятельности личинок *G. mellonella* показала, что при градиенте температуры 45–55°C, личинки начинали активно перемещаться в контейнер. Следовательно, при температуре до 45°C и при влажности 70% личинкам комфортно, они активно питались, не расплозились по коробу, не переходили обратно в холодное отделение. Экспериментально доказано, что нагрев от процесса культивирования до процесса сортировки (от 40 до 55°C) занимает 60 мин. За это время 100% личинок переходят в контейнер.

По истечении срока созревания личинок *G. mellonella* боковые нагреватели включаются, а нагреватель на боковой стенке включается в режим повышенной мощности так, что температура у короткой стенки, где расположен этот нагреватель, постепенно повышается до 50–55°C и выше, при этом во вспомогательном объеме за перегородкой температура будет более низкая, потому что он не обогреваем. В результате этого создается градиент температур вдоль биореактора, который побуждает личинок *G. mellonella* перемещаться в более холодный вспомогательный объем биореактора.

В конечном итоге личинки перемещаются в еще более холодную часть биореактора, которая является лотком для сбора личинок. На этом производственный цикл выращивания личинок заканчивается. Контейнер с пластинами, на которых находятся остатки корма с экскрементами личинок, извлекается через верхнюю крышку биореактора, и может загружаться очередная партия корма и личинок для выращивания.

Доказано, что оптимальный градиент температуры сортировки личинок составляет 50–55°C при экспозиции 15–20 минут, при этом более 98% личинок перемещается в холодное отделение. Согласно экспериментальным данным, оптимальная температура для сортировки составляет 55°C при времени 20 мин., все личинки переходят в контейнер, вне зависимости от их количества. Также можно сделать вывод, что уровень выживаемости личинок по разработанной технологии достигает 100%, все личинки переходят в холодное отделение, где их можно отсортировать в контейнер. Гипотеза группы ученых [3] о влиянии факторов, формы, геометрии пространства подтвердилась, поскольку личинки оказались по краям холодного отделения, а не в центре. Благодаря такой конструкции можно реализовать два технологических режима выращивания личинок *G. mellonella*.

В начале технологического цикла производится создание оптимальных условий, когда обеспечивается оптимальный равномерный прогрев запатентованной полезной модели биореактора [1], а при завершении технологического первого цикла, когда личинки *G. mellonella* достигли необходимого целевого биологического возраста, простым электрическим переключением производится включение режима температурного градиента, и личинки *G. mellonella* сами под действием температурного градиента перемещаются в зону сбора. За счет этого снижается трудоемкость их выращивания и себестоимость продукции за счет сокращения ручного труда и повышения степени автоматизации технологического процесса.

Расчет экономической эффективности работы устройства

Кормление личинок большой восковой моли в соответствии с рекомендациями, при соблюдении остальной технологии содержания, способствует получению качественных здоровых насекомых, а также стабильному увеличению биомассы. Рынок сбыта личинок насекомых, выращенных в лабораторных условиях, имеет несколько направлений применения.

В качестве прототипа рассматривали «Молярий», рассчитанный на такой же объем, что и ЭУ. Расчет экономической эффективности работы устройства включает ряд основных показателей, представленных в таблице 5.

Таблица 5. Сравнительная оценка технико-экономической эффективности экспериментального устройства и прототипа на 1 год производства биосырья *G. mellonella*

Показатели	Размерность	Обозначение	Прототип	ЭУ
Количество устройств, необходимых на 10 м ³	шт.	N	64	64
Цена одной опытной установки (ОУ)	руб.	Ц _{оу}	7 000	5 000
Объем производимой продукции	кг/64 устройства	A	448	921,6
Мощность одного устройства	кВт	P _л	0,03	0,165
Стоимость 1 кВт·ч электроэнергии	руб./кВт·ч	СкВт	3,24	3,24
Коэффициент, учитывающий расходы на монтаж		Км	0,2	0,2
Коэффициент, учитывающий транспортные расходы		Кт	0,12	0,12
Срок службы обогревающих устройств	час	Тл	35 040	438 000
Время работы ОУ в году	час	Траб	352	352
Зарплата обслуживающего персонала	руб.	ЗП	12 000	6 000
Нормативный коэффициент эффективности капиталовложений		Ен	0,15	0,15
Цена продукции	руб.	Цд	10 000	10 000

Данные расчета эффективности разработанного устройства, представлены в таблице 6.

Таблица 6. Данные расчета экономической эффективности

Показатель	Размерность	Обозначение	Вариант	
			Прототип	ЭУ
Капитальные вложения	руб.	K	422 400	591 360
Эксплуатационные затраты	руб.	ЭЗ	743140,83	655176,752
Стоимость потребленной электроэнергии	руб.	С _э	63063,98	34685,1
Амортизационные отчисления	руб.	С _а	5332,608	322,304
- на 1 устройство	руб.	С _{ал}	83,322	5,036
Затраты на ЗП	руб.	С _{зп}	144 000	72 000
Затраты на текущий ремонт	руб.	С _{тр}	52 800	73 920
Прочие затраты	руб.	С _{пр}	5885,80	35893,43
Приведенные затраты	руб.	ПЗ	718536,75	491492,83
Приведенные затраты на единицу продукции	руб./1 кг	ПЗ _{пр}	1603,87	533,3
Годовой экономический эффект	руб.	Г _{ээ}		801515,52
Срок окупаемости	год	T		0,7

Годовой экономический эффект, руб.

$$Г_{ээ} = \left(\frac{ПЗ_{баз}}{A_1} - \frac{ПЗ_{проект}}{A_2} \right) \cdot A_2. \quad (6)$$

$$Г_{ээ} = ((718536,752(512 = 16 \text{ циклов} \cdot 0,5 \text{ кг} \cdot 64 \text{ устройства})) - (491492,83/921,6 (16 \text{ циклов} \cdot 0,9 \text{ кг} \cdot 64 \text{ устройства}))) \cdot 921,6 = 533,3 \cdot 921,6 = 801515,52.$$

Таким образом, окупаемость экспериментальной установки = 591360/801515,52 = 0,7.

Поскольку в экспериментальной установке сортировка личинок полуавтоматическая, то, как следует из расчетов, происходит снижение затрат на заработную плату, что в итоге снижает себестоимость полученного биосырья в 2,6 раза, что в конечном

итоге отражается на показателе рентабельности. Кроме того, за счет более легкой сортировки личинок на выходе получаем на 45% больше биосырья, чем в прототипе, что также отражается на рентабельности установки. Высокая экономическая эффективность экспериментальной установки отразилась на быстрой окупаемости. Технико-экономические преимущества предложенного устройства заключаются в повышении производительности установки за счет непрерывности процесса, происходящего в биореакторе.

Таким образом, технологический процесс культивирования и сортировки основывается на температурном градиенте, благодаря которому цикл развития личинок *G. mellonella* контролируется и регулируется в зависимости от необходимых требований. На этапе культивирования температура для поддержания процессов жизнедеятельности составляет 40°C при относительной влажности 70%. На этапе сортировки температурный градиент повышается до 55°C, что заставляет ЛБВМ активно перемещаться в нужную сторону. Данная технология является универсальной для любых видов насекомых, может применяться и в других отраслях науки и практики с целью повышения эффективности использования.

Выводы

Проведенный анализ технологий и оборудования позволил установить целесообразность использования конвективного теплообмена для культивирования и сортировки личинок *G. mellonella*.

Полученные результаты морфофизиологических показателей личинок *G. mellonella* позволяют сделать вывод об оптимальных условиях выращивания:

- продолжительность развития – 24 сут.;
- масса полученных личинок – 0,17 мг;
- длина – 1,92 мм;
- головная капсула соответствует VII возрасту.

Экспериментально доказано, что разработанная модель позволяет создать оптимальные режимы нагрева:

- на 1-м этапе культивирования нагрев производится до 40°C при экспозиции 8 дней;
- на 2-м этапе сортировки – до 55°C при экспозиции 20 минут;
- нагрев от процесса культивирования до процесса сортировки от 40 до 55°C занимает 60 мин. За это время 100% личинок переходят в контейнер.

Разработанная экспериментальная установка имеет более высокую экономическую эффективность по сравнению с прототипом, что позволит в короткие сроки получить качественный продукт.

Список источников

1. Биореактор для культивирования и сортировки личинок большой восковой моли (*Galleria mellonella* L.): пат. на полезную модель 203173 Рос. Федерация. № 2020129966; заявл. 10.09.2020; опубл. 24.03.2021, Бюл. № 9. 7 с.
2. Молярный: пат. на полезную модель 164529 Рос. Федерация. № 2015146055/13; заявл. 26.10.2015; опубл. 10.09.2016, Бюл. № 25. 6 с.
3. Осокина А.С., Колбина Л.М., Гушин А.В. Математическое планирование эксперимента в изучении привлекательности питательной среды для личинок *Galleria mellonella* // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2017. № 4. С. 57–65.
4. Способ воспроизводства капустной совки: пат. 2149542 Рос. Федерация. № 98110198/13; заявл. 29.05.1998; опубл. 27.05.2000, Бюл. № 15. 11 с.
5. Установка для выращивания насекомых: пат. 2033047 Рос. Федерация. № 4933355/15; заявл. 28.02.1991; опубл. 20.04.1995, Бюл. № 24. 7 с.
6. Устройство для разделения гусениц большой восковой моли по возрастам: авторское свидетельство на изобретение СССР 1165333. № 3453344/30-15; заявл. 16.06.1982; опубл. 07.07.1985, Бюл. № 25. 3 с.
7. Cardoso A.C., Prata M.C., Furlong J., Prezoto F. Exigências Térmicas de Estágios Imaturos de *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae) // Neotropical Entomology. 2007. Vol. 36(5). P. 657–661. DOI:10.1590/S1519-566X2007000500004.

8. Dyar H.G. The number of molts of Lepidopterous Larvae // *Psyche. A Journal of Entomology*. 1890. Vol. 5. Article ID 023871. <https://doi.org/10.1155/1890/23871>.
9. Eischen F.A., Dietz A. Improved culture techniques for mass rearing *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae) // *Entomological News (USA)*. 1990. Vol. 101(2). P. 123–128.
10. Ellis J.D., Graham J.R., Mortensen A. Standard methods for wax moth research // *Journal of Apicultural Research*. 2013. Vol. 52(1). P. 1–17. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.52.1.10>.
11. Hanumantha Swamy B.S. Bionomics and biometrics of Greater wax moth *Galleria mellonella* Linnaeus // *Asian Journal of Bioscience*. 2008. Vol. 3(1). P. 49–51.

References

1. Биореактор для культивирования и сортировки личинок большой восковой моли (*Galleria mellonella* L.) [Bio-reactor for cultivation and sorting of Larvae of Greater wax moth (*Galleria mellonella* L.)]: патент на полезную модель 203173 Рос. Федерация. № 2020129966; заявлено 10.09.2020; опубликовано 24.03.2021, *Byul. № 9 = Utility Model Patent 2031731 Russian Federation*. No. 2020129966; claimed 10.09.2020; published 24.03.2021, *Bulletin 9*. 7 p. (In Russ.).
2. Мольерий [Molar]: патент на полезную модель 164529 Рос. Федерация. № 2015146055/13; заявлено 26.10.2015; опубликовано 10.09.2016, *Byul. № 25 = Utility Model Patent 164529 Russian Federation*. No. 2015146055/13; claimed 26.10.2015; published 10.09.2016, *Bulletin 25*. 6 p. (In Russ.).
3. Осокина А.С., Колбина Л.М., Гущин А.В. Математическое планирование эксперимента в изучении привлекательности питательной среды для личинок *Galleria mellonella* [Mathematical planning of an experiment in studying the environment for *Galleria mellonella* larvae]. *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet) = Vestnik NGAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2017;(4):57-65. (In Russ.).
4. Способ воспроизводства капустной совки [Method of Cabbage moth reproduction]: патент 2149542 Рос. Федерация. № 98110198/13; заявлено 29.05.1998; опубликовано 27.05.2000, *Byul. № 15 = Patent 2149542 Russian Federation*. No. 98110198/13; claimed 29.05.1998; published 27.05.2000, *Bulletin 15*. 11 p. (In Russ.).
5. Установка для выращивания насекомых [Installation for growing insects]: патент 2033047 Рос. Федерация. № 4933355/15; заявлено 28.02.1991; опубликовано 20.04.1995, *Byul. № 24 = Patent 2033047 Russian Federation*. No. 4933355/15; claimed 28.02.1991; published 20.04.1995, *Bulletin 24*. 7 p. (In Russ.).
6. Устройство для разделения гусениц большой восковой моли по возрастам [A device for separating the caterpillars of Greater wax moth by age]: авторское свидетельство на изобретение СССР 1165333. № 3453344/30-15; заявлено 16.06.1982; опубликовано 07.07.1985, *Byul. № 25 = Inventor's certificate 1165333, USSR*. No. 3453344/30-15; claimed 16.06.1982; published 07.07.1985, *Bulletin 25*. 3 p. (In Russ.).
7. Cardoso A.C., Prata M.C., Furlong J., Prezoto F. Exigências Térmicas de Estágios Imaturos de *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae). *Neotropical Entomology*. 2007;6(5):657–661. DOI:10.1590/S1519-566X2007000500004.
8. Dyar H.G. The number of molts of Lepidopterous Larvae. *Psyche. A Journal of Entomology*. 1890;(5): ID 023871. <https://doi.org/10.1155/1890/23871>.
9. Eischen F.A., Dietz A. Improved culture techniques for mass rearing *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Entomological News (USA)*. 1990;101(2):123-128.
10. Ellis J.D., Graham J.R., Mortensen A. Standard methods for wax moth research. *Journal of Apicultural Research*. 2013;52(1):1-17. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.52.1.10>.
11. Hanumantha Swamy B.S. Bionomics and biometrics of Greater wax moth *Galleria mellonella* Linnaeus. *Asian Journal of Bioscience*. 2008;3(1):49-51.

Информация об авторах

В.В. Соколов – аспирант кафедры пищевой инженерии и биотехносферной безопасности ФГБОУ ВО Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, vladislav-sokolov-92@mail.ru.

А.С. Осокина – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», anastasia.osokina2017@yandex.ru.

В.В. Касаткин – доктор технических наук, профессор кафедры пищевой инженерии и биотехносферной безопасности ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия», kasww@mail.ru.

Information about the authors

V.V. Sokolov, Postgraduate Student, the Dept. of Food Engineering and Biotechnosphere Safety, Izhevsk State Agricultural Academy, vladislav-sokolov-92@mail.ru.

A.S. Osokina, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, anastasia.osokina2017@yandex.ru.

V.V. Kasatkin, Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Food Engineering and Biotechnosphere Safety Izhevsk State Agricultural Academy, kasww@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 02.10.2021; одобрена после рецензирования 10.11.2021; принята к публикации 20.11.2021.

The article was submitted 02.10.2021; approved after revision 10.11.2021; accepted for publication 20.11.2021.

© Соколов В.В., Осокина А.С., Касаткин В.В., 2021

АГРОХИМИЯ (СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 631.445.1:633.63:631.8

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2021_4_49

Влияние многолетнего внесения удобрений на урожайность и качество урожая сахарной свеклы, выращиваемой на черноземе типичном**Павел Иванович Подрезов^{1✉}, Николай Георгиевич Мязин², Анна Николаевна Кожокина³**^{1, 2, 3}Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия,¹pipodrezov@mail.ru✉

Аннотация. Сахарная свекла, являясь одной из важнейших продовольственных культур, предъявляет высокие требования к почвенному плодородию. Чернозем типичный, который считается общепризнанным «эталонном» почвенного плодородия, подходит для ее выращивания. Однако свойства любой почвы с течением времени, а особенно при внесении удобрений, претерпевают существенные изменения. В связи с этим особое внимание уделяется изучению влияния многолетнего внесения минеральных и органических удобрений на изменение агрохимических свойств чернозема типичного и урожайность сахарной свеклы. Исследования проводились в 2007–2009 гг. в стационарном полевом опыте, заложенном в 1969 г. До закладки опыта чернозем типичный характеризовался нейтральной реакцией среды, очень высокой обеспеченностью основаниями, повышенным содержанием фосфора и высоким содержанием калия. Почти за 40 лет его сельскохозяйственного использования произошло существенное изменение физико-химических свойств. При этом ярко выраженных различий между удобренными вариантами опыта по величине показателей почвенной кислотности не наблюдалось. Следует отметить их оптимальные значения на варианте с последствием 30 т/га навоза, но и здесь почва относилась к классу слабокислой. Запасы азота при внесении минеральных удобрений увеличивались на 48,5–96,8 кг/га, содержание подвижного фосфора – на 11,4–35,9 мг/кг, калия – на 13–27 мг/кг. Повышение содержания элементов питания в почве благоприятно сказалось на урожайности сахарной свеклы: прибавки урожая к контролю составляли 84–191 ц/га, при содержании сахара в корнеплодах удобренных вариантов 16,4–17,2%, а его сборе 12–28 ц/га.

Ключевые слова: чернозем типичный, плодородие, удобрения, почвенная кислотность, сахарная свекла, урожайность, содержание сахара

Для цитирования: Подрезов П.И., Мязин Н.Г., Кожокина А.Н. Влияние многолетнего внесения удобрений на урожайность и качество урожая сахарной свеклы, выращиваемой на черноземе типичном // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14, № 4(71). С. 49–57. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_49-57.

AGRICULTURAL CHEMISTRY (AGRICULTURAL SCIENCES)

Original article

Long-term application of fertilizers and its impact on crop productivity and quality of yield of sugar beet cultivated on typical chernozem**Pavel I. Podrezov^{1✉}, Nikolay G. Myazin², Anna N. Kozhokina³**^{1, 2, 3}Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia¹pipodrezov@mail.ru✉

Abstract. Being one of the most important food crops, sugar beet is highly demanding in terms of soil fertility. Typical chernozem, which is considered a generally recognized standard of soil fertility, is suitable for cultivating this crop. However, the properties of any soil undergo significant changes over time, especially when fertilizers are applied. In this regard, special attention is paid to studying the effect of long-term application of mineral and organic fertilizers on the changes in the agrochemical properties of typical chernozem and sugar beet yield. The research was performed in 2007–2009 in a stationary field experiment laid in 1969. Prior to the establishment of experiment, typical chernozem was characterized by a neutral reaction, a very high supply of bases, increased phosphorus content and high potassium content. Over almost 40 years of its agricultural use, a significant change occurred in its physical and chemical properties. At the same time, there were no pronounced differences between the fertilized experimental variants in terms of the value of soil acidity indicators. It should be noted that their values were optimal in the variant with the aftereffect of 30 t/ha of manure, but even there the soil belonged to the class of weakly acidic. Where mineral fertilizers were applied, nitrogen reserves increased by 48.5–96.8 kg/ha, the content of mobile phosphorus increased by 11.4–35.9 mg/kg, and potassium content increased by 13–27 mg/kg. An increase in the content of nutrients in the soil had a beneficial effect on the yield of sugar beet.

For instance, the increase in yield compared to control was 84-191 c/ha, with sugar content in the root crops in fertilized variants being 16.4-17.2% and sugar yield being 12-28 c/ha.

Keywords: typical chernozem, fertility, fertilizers, soil acidity, sugar beet, yield, sugar content

For citation: Podrezov P.I., Myazin N.G., Kozhokina A.N. Long-term application of fertilizers and its impact on crop productivity and quality of yield of sugar beet cultivated on typical chernozem. Vestnik of Voronezh State Agrarian University. 2021;14(4):49-57. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_49-57.

Введение
Российская Федерация является вторым по величине производителем сахарной свеклы и способна полностью обеспечивать свои потребности в сахаре [1]. В 2021 г. сахарная свекла посеяна на площади 1,0 млн га (в 2020 г. – 932,2 тыс. га). В ЦЧР абсолютным лидером по посевам этой культуры выступает Воронежская область – 119 тыс. га [12].

Сахарная свекла относится к одной из самых сложных в возделывании культур. Для того, чтобы получить высокий урожай хорошего качества, необходимо с особой внимательностью отнестись к степени кислотности почвы, содержанию в ней элементов питания, правильному размещению культуры в севообороте, системе обработки почвы и выбору подходящего сорта или гибрида. Культура, как правило, характеризуется высокой урожайностью, вследствие чего выносит из почвы значительное количество элементов питания. Чтобы удовлетворить потребность корнеплодов в элементах питания необходимо вносить достаточно высокие дозы удобрений [15].

Эффективность внесения различных доз минеральных удобрений в различных условиях нашей страны неодинакова [2, 7, 9]. Так, О.А. Минакова с соавторами отмечают, что в условия ЦЧЗ вносимые под сахарную свеклу на черноземе выщелоченном минеральные удобрения наибольшую эффективность показывают в оптимальные по условиям увлажнения годы (сумма осадков выше 180 мм за период вегетации сахарной свеклы). При этом наибольшая урожайность получена на вариантах с внесением минеральных удобрений в дозе $N_{135}P_{135}K_{135}$ на фоне 25 т/га навоза [5, 6].

В условиях чернозема выщелоченного Тамбовской области эффективно было внесение минеральных удобрений в дозах $N_{150}P_{90}K_{90}$ и $N_{120}P_{90}K_{90}$. При этом урожайность сахарной свеклы была невысокой и находилась в пределах 23–24 т/га, но прибавки урожая по отношению к контролю были достоверны и составляли 4–5 т/га [11]. В исследованиях В.В. Дроздовой и Н.Е. Репиной, проведенных также на черноземе выщелоченном в 2012–2014 гг., наибольшая эффективность отмечена на варианте применения $N_{80}P_{80}K_{80}$ (урожайность корнеплодов составляла 62,0 т/га, содержание сахара – 18,7%) [4]. В условиях серой лесной почвы с низким содержанием гумуса наибольшая урожайность свеклы была получена при внесении $N_{160}P_{120}K_{160}$. В зависимости от технологии обработки почвы она составляла 55,3–56,2 т/га, с содержанием сахара в корнеплодах 16,6–16,7% [14]. Таким образом, эффективность тех или иных доз удобрений при выращивании сахарной свеклы определяется метеоусловиями конкретного года и показателями почвенного плодородия.

В связи с вышесказанным целью исследований являлось изучение влияния удобрений на изменение основных показателей плодородия чернозема типичного и урожайность сахарной свеклы.

Методика эксперимента

Исследования проводились в течение 2007–2009 гг. в многолетнем стационарном опыте кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии Воронежского государственного аграрного университета, заложенном в 1969 г. на черноземе типичном. В опыте освоен севооборот со следующим чередованием культур: черный пар – озимая пшеница – сахарная свекла – яровая пшеница – кукуруза на силос – ячмень.

Агрохимическая характеристика чернозема типичного перед закладкой опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1. Агрохимическая характеристика почвы опытного участка перед закладкой опыта, 1969 г.

Глубина отбора, см	pH _{KCl}	Нг	S	V, %	P ₂ O ₅ по Чирикову, мг/кг почвы	K ₂ O по Масловой, мг/кг почвы
		мг/экв на 100 г почвы				
0–20	6,0	4,0	41,1	90,9	69	220

Схема опыта включает 17 вариантов. Для исследований были выбраны семь:

- 1) контроль, без удобрений;
- 5) N₉₀P₉₀;
- 8) N₉₀P₉₀K₉₀;
- 9) N₁₈₀P₁₈₀K₁₈₀;
- 11) последствие 30 т/га навоза;
- 13) последствие 30 т/га навоза + N₉₀P₉₀K₉₀;
- 16) N₉₀P₉₀K₁₈₀.

Повторность опыта 4-кратная. Расположение вариантов рендомизированное.

Площадь опытной делянки – 230 м² (длина – 50 м, ширина – 4,6 м), учетная – 50 м².

В опыте применялись следующие удобрения: аммиачная селитра, суперфосфат двойной, хлористый калий и навоз КРС. Удобрения вносили осенью под вспашку, ручную.

Агротехника возделывания сахарной свеклы районированного сорта Рамонская 047 общепринятая для зоны. Стоит отметить, что в настоящее время большая часть семенного материала сахарной свеклы в РФ представлена гибридами иностранной селекции. Они характеризуются высокой продуктивностью, но, в отличие от традиционных российских сортов и гибридов, более чувствительны к повреждению вредителями и патогенными микроорганизмами. Там, где гибриду иностранной селекции необходимы пять фунгицидных обработок, российский гибрид может обойтись одной.

Учет урожая сахарной свеклы проводили вручную с учетной площади. Урожайные данные обработаны методом однофакторного дисперсионного анализа [3].

Отбор почвенных и растительных образцов проводился в начале вегетации (по всходам), в середине вегетации (смыкание в рядах) и перед уборкой. Образцы отбирались в 5-кратной повторности с двух несмежных повторений, послойно через 20 см. Перед уборкой урожая отбирались растительные образцы.

Химические анализы почвенных и растительных образцов выполнялись по общепринятым методам [8, 13].

Результаты и их обсуждение

Чернозем типичный традиционно считается самым плодородным подтипом почвы. В нативном состоянии он характеризуется высоким содержанием гумуса, близкой к нейтральной или нейтральной реакцией среды, высокой обеспеченностью обменными основаниями и подвижными формами фосфора и калия. Внесение удобрений приводит к изменению этих показателей.

Так, в условиях данного опыта, в результате многолетнего выращивания сельскохозяйственных культур без внесения удобрений, с момента закладки опыта (1969 г.) и до 2007–2009 гг. наблюдалось снижение величины обменной кислотности с 6,0 до 5,2 ед. pH_{KCl}, повышение гидролитической – на 0,8 мг-экв/100 г почвы, уменьшение содержания обменных оснований на 6,8 мг-экв/100 г почвы (табл. 2). По степени кислотности чернозем типичный из класса близкого к нейтральным почвам перешел в класс слабокислого.

Таблица 2. Основные физико-химические свойства чернозема типичного под сахарной свеклой, слой почвы 0–40 см, перед уборкой урожая (среднее за 2007–2009 гг.)

Варианты опыта	рН _{KCl}	Нг	S	V, %
		мг-экв/100 г почвы		
1. Контроль, без удобрений	5,2	4,8	34,3	87,8
5. N ₉₀ P ₉₀	5,1	5,0	32,9	86,9
8. N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	5,2	4,9	33,7	87,4
9. N ₁₈₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	5,1	5,0	33,5	87,0
11. Последствие 30 т/га навоза	5,4	4,4	36,0	89,1
13. Последствие 30 т/га навоза + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	5,3	4,8	33,8	87,5
16. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₈₀	5,3	4,9	33,7	87,4

Внесение минеральных удобрений в различных дозах также приводило к переходу почвы в класс слабокислой. При этом уменьшалась величина рН_{KCl} на 0,7–0,9 ед., гидролитическая кислотность повышалась на 0,8–1,0 мг-экв/100 г почвы при снижении содержания обменных оснований на 7,8–8,2 мг-экв/100 г почвы.

Ярко выраженных различий между удобренными вариантами опыта по величине показателей почвенной кислотности не наблюдалось. Можно лишь отметить их оптимальные значения на варианте с последствием 30 т/га навоза, но и здесь почва относилась к классу слабокислой.

Сахарная свекла предъявляет достаточно высокие требования к содержанию элементов питания в почве. Для питания корнеплодов необходимо обеспечить оптимальное содержание азота в почве. Объясняется это тем, что недостаток азота (особенно в начальные периоды роста культуры) может вызывать снижение урожайности корнеплодов. Избыточное азотное питание опасно снижением качества корнеплодов (уменьшение содержания сахара, накопление «вредного азота») [10, 15].

Как следует из результатов исследований, в среднем за 3 года (2007–2009 гг.) запасы минерального азота в почве под сахарной свеклой находились в прямой зависимости от внесенных удобрений. Так, на варианте без применения удобрений запасы минерального азота в метровом слое в начале вегетации составили 100,6 кг/га (рис. 1), а при внесении осенью под основную обработку почвы азотно-фосфорных удобрений (N₉₀P₉₀) – 149,1 кг/га.

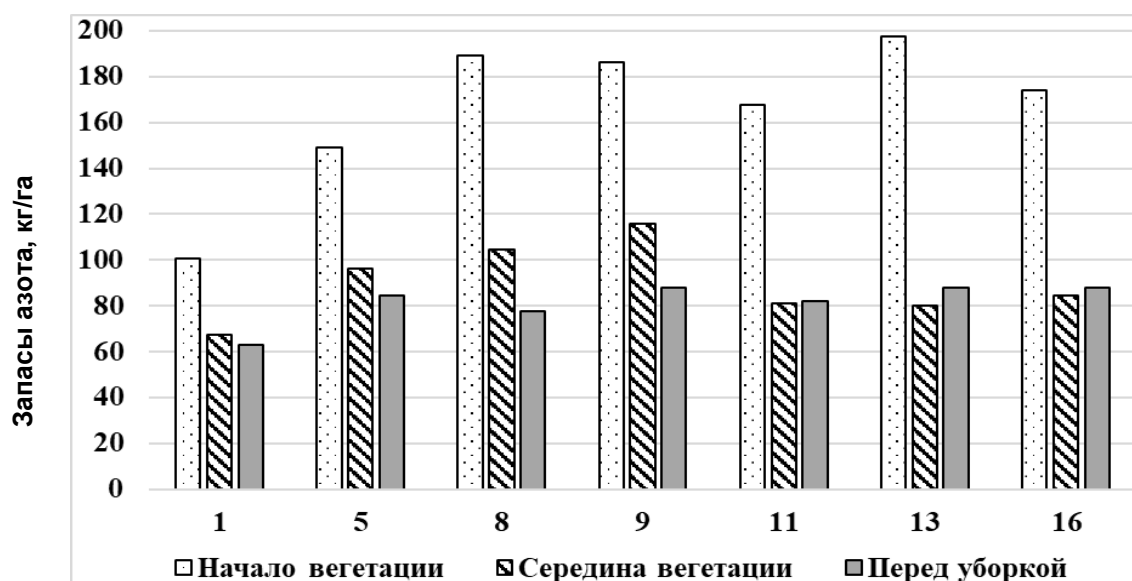


Рис. 1. Динамика запасов минерального азота в почве в период вегетации сахарной свеклы, кг/га (среднее за 2007–2009 гг.), слой 0–100 см

Внесение одинарной ($N_{90}P_{90}K_{90}$ – вариант 8) и двойной ($N_{180}P_{180}K_{180}$ – вариант 9) доз позволило в начале вегетации создать запасы минерального азота в почве соответственно 189,1 и 186,1 кг/га. Здесь они были близки к рекомендованным – 200–250 кг/га, которые позволят получить урожайность сахарной свеклы 40 т/га. На варианте 11 (второй год последействия органических удобрений) создан запас минерального азота 167,7 кг/га. Наибольший запас минерального азота (197,4 кг/га) создается на варианте 13, при внесении по 90 кг/га NPK на фоне второго года последействия органических удобрений.

К середине вегетации запасы минерального азота в почве уменьшались на всех вариантах опыта. Причем потребление минерального азота находилось в прямой зависимости от его содержания в почве – на вариантах с большим содержанием минерального азота произошло и наибольшее его снижение.

К концу вегетации сахарной свеклы на варианте без применения удобрений и на вариантах с внесением только минеральных удобрений происходило дальнейшее уменьшение содержания запасов минерального азота в почве, однако не столь значительное, как в первой половине вегетации. На вариантах с использованием последействия органических удобрений, а также на варианте с внесением двойной дозы калийных удобрений на фоне азотно-фосфорных после значительного сокращения запасов минерального азота в почве в течение первой половины вегетации, во второй половине произошло незначительное их восполнение (от 1,1 до 7,4 кг/га).

Динамика содержания подвижной формы фосфора, определяемой по методу Чирикова, представлена на рисунке 2. Из этих данных видно, что существенного снижения содержания подвижного фосфора с момента закладки опыта (1969 г.) до 2007–2009 гг. не произошло. Вероятно, это говорит о возможности пополнения содержания подвижных форм фосфора за счет других, менее растворимых, минеральных фосфатов и минерализации органического вещества.

Внесение минеральных удобрений в дозах $N_{90}P_{90}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$ и $N_{90}P_{90}K_{180}$ способствовало увеличению содержания подвижного фосфора на 11,4–16,4 мг/кг почвы по сравнению с контролем (варианты 5, 8 и 16). Последействие навоза, внесенного в поле чистого пара, повышало содержание подвижного фосфора по сравнению с контролем практически наравне с внесением минеральных удобрений в дозе $N_{180}P_{180}K_{180}$ (на 26,6 и 27,2 мг/кг почвы). В наибольшей степени содержание подвижного фосфора повышалось при внесении $N_{90}P_{90}K_{90}$ на фоне последействия 30 т/га навоза.

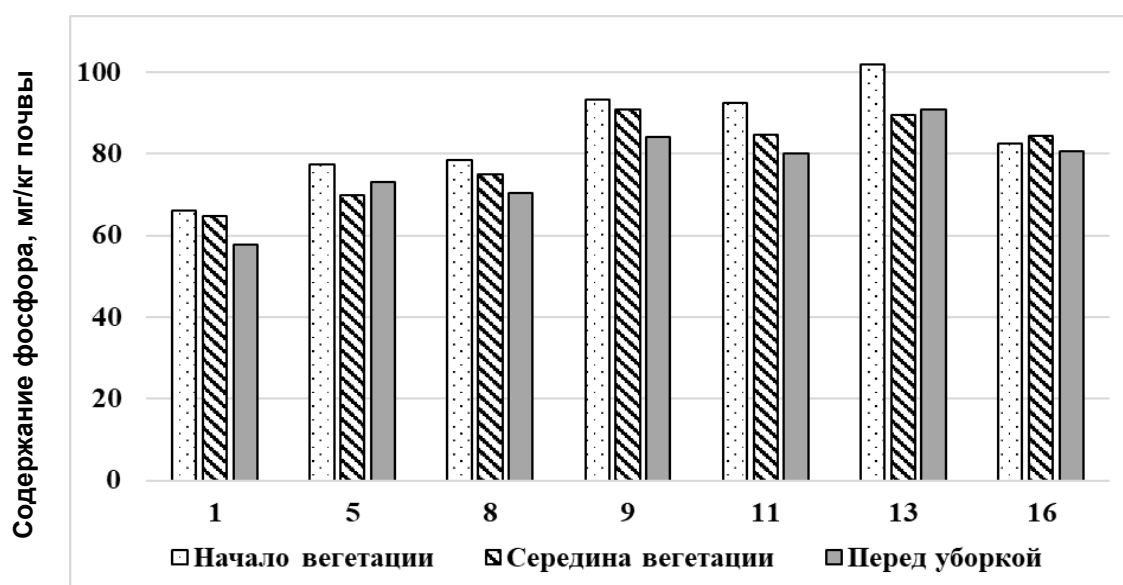


Рис. 2. Динамика содержания подвижного фосфора в почве в период вегетации сахарной свеклы, мг/кг (среднее за 2007–2009 гг.), по Чирикову, слой 0–40 см

В процессе роста растений содержание подвижного фосфора практически по всем вариантам опыта уменьшалось: на 1,2–12,4 мг/кг почвы к середине вегетации, а затем еще на 3,9–7,0 мг/кг почвы к моменту уборки сахарной свеклы. Однако это уменьшение было значительно ниже выноса фосфора с урожаем. Как мы указывали выше, вероятно, данное обстоятельство объясняется мобилизацией труднодоступных форм почвенных фосфатов.

Содержание доступных для растений форм калия, определяемое по методу Чирикова, представлено на рисунке 3.

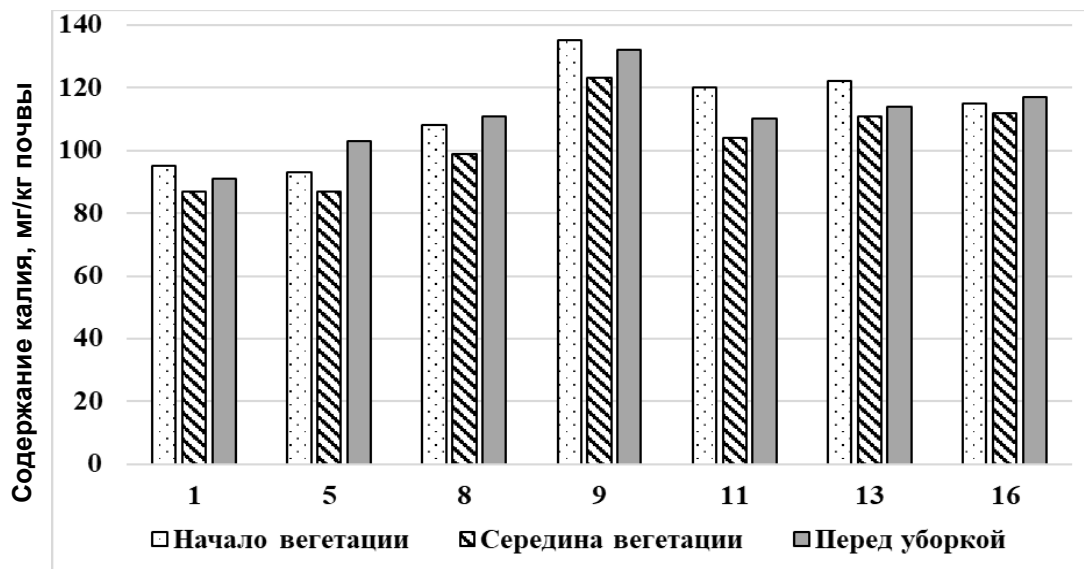


Рис. 3. Динамика содержания подвижного калия в почве в период вегетации сахарной свеклы, мг/кг (среднее за 2007–2009 гг.), по Чирикову, слой 0–40 см

Из представленных данных видно, что минимальное содержание подвижного калия наблюдалось на контрольном варианте и при внесении только азотно-фосфорных удобрений (варианты 1 и 5). Внесение полного удобрения в различных дозах и последствие навоза увеличивало его на 13–40 мг/кг по отношению к контролю и на 15–43 мг/кг – к варианту $N_{90}P_{90}$. Наибольшее среди изучаемых вариантов содержание подвижного калия отмечалось в случае внесения $N_{180}P_{180}K_{180}$.

К середине вегетации содержание подвижного калия уменьшалось на 3–16 мг/кг, но к моменту уборки сахарной свеклы по всем изучаемым вариантам наблюдалось его увеличение на 3–16 мг/кг почвы. На наш взгляд, это связано с тем, что при определении подвижных форм калия по методу Чирикова устанавливается содержание водорастворимой формы калия и только части обменной. Весь обменный калий не учитывается. Кроме того, не следует пренебрегать и необменным калием, который играет существенную роль в питании растений [13].

Определение подвижного калия по методу Чирикова, хотя и характеризует обеспеченность растений калием, но не может в полной мере отразить калийного состояния почвы, что в итоге может привести к неверным выводам. Поэтому при характеристике калийного режима почвы необходимо иметь представление о содержании обменного и необменного калия.

Все изучаемые дозы удобрений оказывали влияние на урожайность сахарной свеклы (табл. 3). В среднем за три года ее минимальная в опыте величина была получена на контрольном варианте – 248,6 ц/га. Внесение азотно-фосфорных удобрений и последствие 30 т/га навоза оказывало примерно одинаковое влияние на урожайность корнеплодов. В среднем за три года прибавки урожая к контролю на этих вариантах опыта составляли 84,4 и 98,2 ц/га.

Таблица 3. Урожайность корнеплодов сахарной свеклы, 2007–2009 гг.

Варианты опыта	Урожайность, ц/га				Прибавка урожая	
	2007 г.	2008 г.	2009 г.	Средняя	ц/га	%
1. Контроль, без удобрений	282,8	277,8	185,2	248,6	–	–
5. N ₉₀ P ₉₀	363,9	353,3	281,8	333,0	84,4	34,0
8. N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	377,8	415,6	294,7	362,7	114,1	45,9
9. N ₁₈₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	438,3	517,8	363,9	440,0	191,4	77,0
11. Последствие 30 т/га навоза	330,6	420,0	289,9	346,8	98,2	39,5
13. Последствие 30 т/га навоза + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	382,8	431,1	278,6	364,2	115,6	46,5
16. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₈₀	377,2	437,8	286,6	367,2	118,6	47,7
Sx, %	1,9	4,4	4,5	–	–	–
HCP _{0,95} , ц/га	20,0	50,9	36,4	–	–	–

Внесение полного минерального удобрения в дозе N₉₀P₉₀K₉₀ способствовало получению 362,7 ц/га корнеплодов. Применение этой же дозы удобрений на фоне последствия навоза (вариант 13) не приводило к существенному увеличению урожайности, как и внесение N₉₀P₉₀K₁₈₀. При использовании двойной дозы минеральных удобрений (N₁₈₀P₁₈₀K₁₈₀) урожайность сахарной свеклы повышалась на 191,4 ц/га по отношению к контролю и на 77,3 ц/га по отношению к варианту с использованием N₉₀P₉₀K₉₀, достигая максимальной в опыте величины – 440,0 ц/га.

Содержание сахара в корнеплодах зависело от дозы вносимых удобрений и урожайности культуры (табл. 4). В среднем за три года наибольшую в опыте величину оно принимало на контрольном варианте. При внесении только азотно-фосфорных удобрений по 90 кг/га содержание сахара было ниже, чем на контроле на 1,0%, но при внесении полного минерального удобрения в такой же дозе (N₉₀P₉₀K₉₀) оно всего лишь на 0,4% уступало контролю.

Таблица 4. Содержание сахара в корнеплодах сахарной свеклы и его сбор с 1 га, 2007–2009 гг.

Варианты опыта	Урожайность, ц/га				Сбор сахара, ц/га	Прибавка урожая	
	2007 г.	2008 г.	2009 г.	Среднее		ц/га	%
1. Контроль, без удобрений	16,8	17,3	18,7	17,6	43,8	–	–
5. N ₉₀ P ₉₀	16,1	15,6	18,2	16,6	55,4	11,6	26,5
8. N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	16,3	16,8	18,5	17,2	62,4	18,6	42,4
9. N ₁₈₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	15,7	15,9	17,6	16,4	72,2	28,4	64,7
11. Последствие 30 т/га навоза	16,6	16,5	18,5	17,2	59,6	15,8	36,2
13. Последствие 30 т/га навоза + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	15,8	16,3	18,5	16,9	61,4	17,6	40,2
16. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₈₀	16,2	15,8	18,4	16,8	61,7	17,9	40,8

С увеличением дозы удобрений содержание сахара в корнеплодах уменьшалось. Это объясняется «эффектом разбавления» – когда за счет увеличения массы и размера корнеплода содержание сахара становится меньше. Несмотря на это наибольший сбор сахара получен на варианте с самой высокой урожайностью – N₁₈₀P₁₈₀K₁₈₀ – 72,2 ц/га. На вариантах с внесением только N₉₀P₉₀K₉₀ и N₉₀P₉₀K₉₀ на фоне последствия навоза сбор сахара был практически одинаковым – соответственно 62,4 и 61,4 ц/га. Не приводило к существенному его увеличению, по сравнению с вариантом 8, и повышение дозы калийных удобрений до 180 кг/га на фоне N₉₀P₉₀ (вариант 16).

Стоит отметить, что все изучаемые варианты опыта обеспечивали прибавки сбора сахара по отношению к контролю, которые изменялись от 11,6 до 28,4 ц/га.

Выводы

Многолетнее использование чернозема типичного привело к существенному изменению его физико-химических свойств. Наблюдалось снижение величины обменной кислотности с 6,0 до 5,1–5,4 ед. pH_{KCl} , увеличение гидролитической – с 4,0 до 4,8–5,0 мг-экв/100 г почвы, снижение содержания обменных оснований – с 41,1 до 32,9–36,0 мг-экв/100 г почвы. Почва по степени кислотности переходила в класс слабокислой.

Использование всех видов удобрений повышало обеспеченность почвы элементами питания. Наиболее эффективными в этом отношении были варианты с внесением самых высоких доз минеральных и органических удобрений – $N_{180}P_{180}K_{180}$ (вариант 9) и вследствие 30 т/га навоза + $N_{90}P_{90}K_{90}$ (вариант 13).

Во все годы исследований были получены достоверные по отношению к контролю прибавки урожая. В среднем за 2007–2009 гг. они составляли 84,4–191,4 ц/га. Наибольшую эффективность в опыте показал вариант 9 ($N_{180}P_{180}K_{180}$) с урожайностью корнеплодов 440 ц/га и сбором сахара 72,2 ц/га.

Список источников

1. Алексеенкова Е. Сахарная свекла: в поисках рентабельности // АгроФорум. 2020. № 1. С. 48–50.
2. Гасанова Е.С., Кожокина А.Н., Мязин Н.Г. и др. Изменение показателей ППК и гумусного состояния чернозема выщелоченного при многолетнем внесении удобрений и известковании // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2018. Т. 11, № 4 (59). С. 13–21.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
4. Дроздова В.В. Питательный режим чернозема выщелоченного, урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы в зависимости от вносимых удобрений // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: материалы IX Всероссийской конференции молодых ученых. Краснодар: ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ, 2016. С. 23–24.
5. Минакова О.А., Александрова Л.В. Изменение плодородия выщелоченного чернозема и продуктивности культур в зерносвекловичном севообороте Центрально-Черноземного региона при длительном применении удобрений // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2008. № 3. С. 36–38.
6. Минакова О.А., Громовик А.И. Трансформация гумусного состояния чернозема выщелоченного при длительном применении удобрений // Сахарная свекла. 2008. № 9. С. 19–20.
7. Минакова О.А., Тамбовцева Л.В., Александрова Л.В. Продуктивность сахарной свеклы на различных фонах основной удобренности при применении корневых и некорневых подкормок // Агрохимия. 2013. № 9. С. 40–47.
8. Минеев В.Г., Сычев В.Г., Амелянчик О.А. Практикум по агрохимии. Москва: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
9. Муха В.Д., Лазарев В.И. Изменение физико-химических свойств чернозема типичного при его длительном сельскохозяйственном использовании // Агрохимия. 2003. № 1. С. 5–7.
10. Мязин Н.Г., Кожокина А.Н., Столповский Ю.И., Подрезов П.И. Пищевой режим чернозема выщелоченного под свеклой сахарной в зависимости от доз минеральных удобрений // Аграрная наука. 2017. № 9–10. С. 14–16.
11. Невзоров А.И., Арькова Ж.А., Круглов Н.М. Влияние различного уровня минерального питания на урожайность сахарной свеклы в Тамбовской области // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2020. № 3. С. 114–119.
12. Посевная компания сахарной свеклы по областям. URL: <https://sugar.ru/node/35465> 9 (дата обращения: 12.11.2021).
13. Прокошев В.В., Дерюгин И.П., Носов В.В. Методы оценки калийного состояния почв и их практическое значение // Научное обеспечение и совершенствование методологии агрохимического обслуживания земледелия страны: материалы международной научно-практической конференции. Москва: ЦИНАО, 1999. С. 248–256.
14. Чернеливская Е.А., Деркач В.С., Дзюбенко И.Н. Влияние системы удобрения и способов обработки почвы на урожайность и экономическую эффективность выращивания свеклы сахарной // Știința Agricolă. 2016. № 1. С. 36–40.
15. Шпаар Д., Дрегер Д., Захаренко А. и др. Сахарная свекла. Минск: ФУФинформ, 2000. 258 с.

References

1. Alekseenkova E. Sakhar'naya svekla: v poiskakh rentabel'nosti [Sugar beet: in search of profitability]. *AgroForum = AgroForum*. 2020;1:48-50. (In Russ.).
2. Gasanova E.S., Kozhokina A.N., Myazin N.G., et al. Izmenenie pokazatelej PPK i gumusnogo sostoyaniya chernozema vyshchelochennogo pri mnogoletnem vnesenii udobrenij i izvestkovanii [Changes in the parameters of soil adsorption complex and humus state of leached chernozem under the conditions of the long-term application of fertilizers and lime treatment. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2018;4(59):13-21. (In Russ.).
3. Dospekhov B. Field-plot Technique (with the Basics of Statistical Processing of Results of Research and Experiments). Moscow: Agropromizdat Press; 1985. 351 p. (in Russ.).

4. Drozdova V.V. Pitatel'nyj rezhim chernozema vyshchelochennogo, urozhajnost' i kachestvo korneplodov sakharnoj svekly v zavisimosti ot vnosimyx udobrenij [Nutritional regime of leached chernozem, yield and quality of sugar beet root crops depending on the applied fertilizers]. Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa: materialy IX Vserossijskoj konferentsii molodykh uchenykh [Scientific support of the Agro-Industrial Complex: proceedings of the IX All-Russian Conference of Young Scientists]. Krasnodar: Kuban State Agrarian University Press; 2016: 23-24. (In Russ.).
5. Minakova O.A., Aleksandrova L.V. Izmenenie plodorodiya vyshchelochennogo chernozema i produktivnosti kul'tur v zernosvekovichnom sevooborote Central'no-Chernozemnogo regiona pri dlitel'nom primenenii udobrenij [Changes in the fertility of leached chernozem and crop productivity in the grain-beet crop rotation of the Central Chernozem Region during prolonged use of fertilizers]. *Doklady Rossijskoj akademii sel'skokhozyajstvennykh nauk = Russian Agricultural Sciences*. 2008;(3):36-38. (In Russ.).
6. Minakova O.A., Gromovik A.I. Transformaciya gumusnogo sostoyaniya chernozema vyshchelochennogo pri dlitel'nom primenenii udobrenij [Transformation of the humus state of leached chernozem during prolonged use of fertilizers]. *Sakharnaya svekla = Sugar Beet*. 2008;(9):19-20. (In Russ.).
7. Minakova O.A., Tambovtseva L.V., Aleksandrova L.V. Produktivnost' sakharnoj svekly na razlichnykh fonakh osnovnoj udobrennosti pri primenenii kornevykh i nekornevykh podkormok [Effect of root and foliar side-dressing in combination with basic fertilization on sugar beet productivity]. *Agrokimiya = Agrochemistry*. 2013;(9):40-47. (In Russ.).
8. Mineev V.G., Sychev V.G., Amelianchik O.A. Praktikum po agrokhimii [Practical Course on Agrochemistry]. Moscow: Moscow State University Press; 2001. 689 p. (In Russ.).
9. Mukha V.D., Lazarev V.I. Izmenenie fiziko-khimicheskikh svoystv chernozema tipichnogo pri ego dlitel'nom sel'skokhozyajstvennom ispol'zovanii [Changes in the physicochemical properties of typical chernozem during its long-term agricultural use]. *Agrokimiya = Agrochemistry*. 2003;(1):5-7. (In Russ.).
10. Myazin N.G., Kozhokina A.N., Stolpovskij Yu.I., Podrezov P.I. Pishchevoj rezhim chernozema vyshchelochennogo pod svekloj sakharnoj v zavisimosti ot doz mineral'nykh udobrenij [Nutrient status of leached chernozem under sugar beet depending on doses of mineral fertilizers]. *Agrarnaya nauka = Agrarian Science*. 2017;(9-10):14-16. (In Russ.).
11. Nevzorov A.I., Ar'kova Zh.A., Kruglov N.M. Vliyanie razlichnogo urovnya mineral'nogo pitaniya na urozhajnost' sakharnoj svekly v Tambovskoj oblasti [Influence of different levels of mineral nutrition on sugar beet yield in the Tambov region]. *Tekhnologii pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya = Technologies for the food and processing industry of AIC - healthy food*. 2020;(3):114-119. (In Russ.).
12. Posevnaya kompaniya sakharnoj svekly po oblastyam [Sugar beet sowing company by regions]. URL: <https://sugar.ru/node/35465> 9. (In Russ.).
13. Prokoshchev V.V., Deryugin I.P., Nosov V.V. Metody otsenki kaliynogo sostoyaniya pochv i ikh prakticheskoe znachenie [Methods of assessing the potash state of soils and their practical significance]. Nauchnoe obespechenie i sovershenstvovanie metodologii agrokhimicheskogo obsluzhivaniya zemledeliya strany: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii [Scientific support and improvement of the methodology of agrochemical service of agriculture of the country: proceedings of the international scientific and practical conference]. Moscow: TSINAO Press; 1999:248-256. (In Russ.).
14. Chernelivskaya E.A., Derkach V.S., Dzyubenko I.N. Vliyanie sistemy udobreniya i sposobov obrabotki pochvy na urozhajnost' i ekonomicheskuyu effektivnost' vyrashchivaniya svekly sakharnoj [The influence of various fertilization methods and tillage systems on the productivity and economic efficiency of sugar beet growing]. *Știința Agricolă = Agricultural Science*. 2016;(1):36-40. (In Russ.).
15. Shpaar D., Dreger D., Zakharenko A., et al. Sakharnaya svekla [Sugar beet]. Minsk: FUFinform Press; 2000. 258 p. (In Russ.).

Информация об авторах

П.И. Подрезов – старший преподаватель кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», podrezov@mail.ru.

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

А.Н. Кожокина – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», annakozh27@yandex.ru.

Information about the authors

P.I. Podrezov, Senior Lecturer, the Dept. of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, podrezov@mail.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, agroхими@ag.vsau.ru.

A.N. Kozhokina, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, annakozh27@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 03.11.2021; одобрена после рецензирования 12.12.2021; принята к публикации 26.12.2021.

The article was submitted 03.11.2021; approved after revision 12.12.2021; accepted for publication 26.12.2021.

© Подрезов П.И., Мязин Н.Г., Кожокина А.Н., 2021

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 63:551.5:631.527:633.31+633.2/3

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2021_4_58

Продуктивность костреца безостого в степных условиях
Центрального Черноземья России

Иосиф Семенович Иванов¹, Владимир Николаевич Золотарев²,
Владимир Николаевич Образцов^{3✉}

¹Воронежская опытная станция по многолетним травам – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса», Павловск, Россия

²Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса, Лобня, Россия

³Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия

³ovennn@mail.ru✉

Аннотация. В связи с усилившейся аридизацией климата в основных сельскохозяйственных регионах России важной задачей становится выявление наиболее толерантных для изменяющихся условий видов и сортов кормовых трав с наиболее адаптивным потенциалом, возделывание которых позволит компенсировать экстремальные проявления климатических изменений. Кострец безостый – это высокопродуктивная долговечная культура, которая занимает одно из ведущих мест среди многолетних злаковых трав в кормопроизводстве ЦЧР. Срок хозяйственного использования его травостоев составляет от 4 до 6 лет. Изложены результаты исследований по изучению кормовой и семенной продуктивности костреца безостого. Экспериментальные исследования выполнены в 2017–2020 гг. на полях Воронежской опытной станции по многолетним травам – филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», расположенной в степной зоне Воронежской области. Объектами исследований были различные сорта и сортообразцы костреца безостого, которые созданы в отделе селекции многолетних трав Научно-производственного центра зернового хозяйства имени А.И. Бараева (Республика Казахстан). В результате комплексной оценки исходного материала костреца безостого установлено, что сортообразцы СГП к-4553, СГП к-4562 и СГП к-4543 по урожаю зеленой массы превысили стандарт сорт Павловский 22/05 на 5%, в том числе в засушливом 2020 г. Сортообразец СГП к-4539 в среднем за три года превышал стандарт по урожаю зеленой массы и семенной продуктивности. Выделившиеся образцы обладают комплексом хозяйственно ценных признаков и могут привлекаться в качестве исходного материала для посева в питомнике поликросса с целью дальнейшего выведения новых сортов.

Ключевые слова: кострец безостый, аридные условия, урожай семян, кормовая продуктивность, многолетние злаковые травы

Для цитирования: Иванов И.С., Золотарев В.Н., Образцов В.Н. Продуктивность костреца безостого в степных условиях Центрального Черноземья России // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14, № 4(71). С. 58–64. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_58-64.

GENERAL SOIL MANAGEMENT, CROP SCIENCE
(AGRICULTURAL SCIENCES)

Original article

Productivity of awnless brome in steppe conditions
of the Central Chernozem Region of Russia

Joseph S. Ivanov¹, Vladimir N. Zolotarev², Vladimir N. Obratsov^{3✉}

¹Voronezh Experimental Station for Perennial Grasses – Branch of the Federal State Budget Scientific Institution «Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology», Pavlovsk, Russia

²Federal State Budget Scientific Institution «Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology», Lobnya, Russia

³Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

³ovennn@mail.ru✉

Abstract. Due to the increased climate aridization in the main agricultural regions of Russia, an important task is to identify the most tolerant to changing conditions species and varieties of forage grasses with the highest adaptive potential, the cultivation of which will compensate for the extreme manifestations of climate changes. Awnless brome is a highly productive long-term crop, which occupies one of the leading places in fodder production among perennial grasses in the Central Chernozem Region. The period of economic use of its grass stand ranges from 4 to 6 years.

The authors present the results of research on forage and seed productivity of awnless brome. Experimental studies were performed in 2017-2020 in the fields of Voronezh Experimental Station for Perennial Grasses, which is a branch of the Federal Scientific Center for Feed Production and Agroecology named after V.R. Williams located in the steppe zone of Voronezh Oblast. The objects of research were different varieties and variety samples of awnless brome, which were created in the perennial grasses breeding department of the Scientific Production Center of Grain Farming named after A.I. Barayev (Republic of Kazakhstan). As a result of a comprehensive assessment of parent material of awnless brome, it was found that in terms of green mass yield the SGP k-4553, SGP k-4562 and SGP k-4543 variety samples surpassed the standard Pavlovsky 22/05 variety by 5%, even in the arid year of 2020. The SGP k-4539 variety sample was superior to the standard in terms of green mass yield and seed productivity on average over three years. These prominent variety samples have a complex of economically valuable features and can be used as parent material for sowing in a polycross nursery with the aim of further breeding of new varieties.

Keywords: awnless brome, arid conditions, seed yield, forage productivity, perennial grasses

For citation: Ivanov J.S., Zolotarev V.N., Obraztsov V.N. Productivity of awnless brome in steppe conditions of the Central Chernozem Region of Russia. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2021;14(4):58-64. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_58-64.

Введение
Эффективность хозяйственного использования сельскохозяйственных культур, наряду с применяемыми технологиями, определяется специфическими факторами, обусловленными, в первую очередь, особенностями почвенно-климатических и ландшафтных условий территории, в зависимости от которых во многом и складывается продуктивность посевов возделываемых видов растений. В связи с этим актуальным является правильный выбор видового сортифта возделываемых культур для определенных почвенно-климатических условий отдельных районов.

Анализ статистических данных за более чем полувековой период выявил устойчивый тренд изменения погодных условий в ЦЧР – аридизацию климата. Так, за последние пятьдесят лет в целом по региону количество осадков за календарный год уменьшается, а сумма положительных температур растет [5]. Динамика происходящих изменений климатических параметров имеет единую направленность и находит свое отражение в трансформации агроклиматических ресурсов, увеличении продолжительности теплого и вегетационного периодов, нарушении хода перезимовки, усилении экстремальности, увеличении частоты и интенсивности неблагоприятных явлений теплого и холодного сезонов, неустойчивости характера режима увлажнения [9].

Одним из направлений адаптации функционирования растениеводства к трансформации агрометеорологических условий и климатических ресурсов территории прогрессирующему развитию термоаридного тренда является расширение ареала возделывания видов и сортов трав с большим адаптивным потенциалом и толерантностью к аридизации климата ЦЧР [1]. Под толерантностью сельскохозяйственных культур понимается способность популяций, сортов, растений переносить неблагоприятное влияние того или иного фактора среды без резкого снижения продуктивности [4].

Кострец безостый – один из наиболее распространенных видов многолетних злаковых трав во всех регионах страны [8]. В зоне степи и черноземной лесостепи кострец безостый по хозяйственному значению среди многолетних злаковых трав занимает ведущее место. Этот вид представляет собой высокорослое хорошо облиственное растение высотой от 80 до 150 см. В областях Центрального Черноземья кострец безостый является обязательным компонентом смесей трав, высеваемых в лугопастбищных, почвозащитных и полевых севооборотах. В структуре семенных фондов многолетних злаковых трав, предназначенных для использования на кормовые цели, доля костреца составляет около 25% [11].

Однако существующие в настоящее время сорта костреца часто дают низкие урожаи семян, что препятствует широкому распространению этой культуры в производственных посевах [2]. Относительно невысокая семенная продуктивность кострецов связана с преобладанием у них вегетативного способа размножения, который закреплялся длительным естественным отбором [7]. В повышении семенной продуктивности

костреца важная роль принадлежит селекции. Выявление доноров селекционно ценных признаков во многом зависит от правильного подбора исходного материала и создание на его основе новых высокоурожайных по кормовой массе и семенам сортов [2, 10]. При этом особую ценность при подборе исходного материала имеют дикорастущие формы, как местного, так и инорайонного происхождения, которые под влиянием контрастных условий прошли длительный естественный отбор, приспособились к конкретным условиям произрастания [3, 11].

В соответствии с вышесказанным целью представленных исследований стало изучение продуктивности интенсивных сортов и сортообразцов костреца безостого нового поколения, обладающих высокой потенциальной продуктивностью и качеством корма, устойчивостью к стрессовому воздействию абиотических и биотических факторов среды, хорошей ассоциативной способностью при выращивании в травосмеси и другими положительными признаками и свойствами.

Условия и методика исследования

Полевые опыты проведены с 2017 по 2020 г. в полевом севообороте Воронежской опытной станции по многолетним травам согласно общепринятым методикам [6].

Почвенный покров участка – чернозем обыкновенный, среднemosный, средне-суглинистый, малогумосный. Содержание в почве P_2O_5 – среднее, K_2O – повышенное. Реакция pH водной вытяжки верхнего горизонта – 5,8–6,4.

Объектами исследований были 3 сорта и 8 сортообразцов костреца безостого, которые созданы в отделе селекции многолетних трав Научно-производственного центра зернового хозяйства имени А.И. Бараева (Республика Казахстан). В качестве стандарта использовали сорт костреца безостого Павловский 22/05 селекции Воронежской опытной станции по многолетним травам.

Предшественником в опыте была вико-овсяная смесь на зеленый корм.

Подготовка почвы – обычная для многолетних трав в Центральном Черноземье.

Травостой закладывали беспокровным широкорядным способом (70 см), площадь учетной делянки – 5 м².

Климат Воронежской области характеризуется континентальностью, которая усиливается с северо-запада на юго-восток, теплым летом и довольно холодной зимой. Основным лимитирующим фактором для возделывания сельскохозяйственных культур является недостаточная влагообеспеченность. Общее количество выпадающих осадков в среднем за год составляет 570 мм на севере и 420 мм на юге региона. С мая по сентябрь выпадает 240 мм, в засушливый период – 136–79 мм.

Среднегодовая температура воздуха изменяется от +5°C на севере, до +7°C в ее южных районах. Самая низкая температура опускается до –40°C, наивысшая +40°C (абсолютный максимум на юге области +42°C), сумма активных температур колеблется от 2600 до 3000°C. Практически ежегодно отмечаются засухи и суховеи. Засухи очень динамичны (майские, июньские, июльские), в южных районах их продолжительность достигает 70–80 дней. Каждый третий год они бывают интенсивными.

Результаты и их обсуждение

Для погодного режима Воронежской области характерна неустойчивость. Вегетационные периоды в годы проведения исследований (2017–2020 гг.) существенно различались по температурному режиму и количеству осадков, что позволило выявить различия изучаемых сортов и сортообразцов от стандарта.

Полевой опыт по изучению продуктивности костреца безостого был заложен в апреле 2017 г. По метеорологическим условиям 2017 г. был сравнительно благоприятным для получения всходов, роста и развития многолетних трав. Зимний запас продуктивной влаги был наивысшим за годы проведения опыта. Выпавшие в апреле-мае осадки (74,7 мм) способствовали получению хороших всходов. Всходы появились в начале мая,

в июне началось кущение и к окончанию вегетации посеы сформировали хорошо развитые травостои. Состояние растений перед уходом в зиму оценивалось как хорошее.

В 2018–2020 гг. запас зимней продуктивной влаги в метровом слое почвы был на уровне 103,0–108,5 мм. В течение вегетационного периода температурный режим был повышенным и характеризовался неустойчивостью, а выпадавшие атмосферные осадки – неравномерностью распределения их по месяцам и декадам. Температура во время формирования первого укоса была выше среднеголетних норм, превышение которых составляло в апреле-мае в 2018 г. на +3,7–6,4°C, в 2019 – на +4,6–6,6°C, в апреле 2020 – на +2,9°C, и только в мае отклонение произошло в сторону снижения (–0,3°C) против среднеголетних норм.

Начало весеннего отрастания растений 2–4 годов жизни отмечалось 29 марта – 1 апреля. Межфазный период «отрастание – цветение» был выровнен между сортообразцами и стандартом, его продолжительность составляла 64–68 дней.

Оценка высоты растений показала, что большинство изучаемых сортообразцов в первом укосе по средним показателям трехлетнего изучения сформировали травстои средней высоты 97,8–103,3 см, из них ни один образец не превышал стандарт – 110,3 см. Второй укос сформировался только в 2018 и 2019 гг. Высота по двум годам у изучаемых образцов находилась в диапазоне 44,1–55,3 см, а у стандарта этот показатель занимал промежуточное положение – 47,8 см.

Урожайность является одним из показателей, который может характеризовать устойчивость сортообразцов к биотическим и абиотическим факторам. Неравномерное распределение осадков по годам и высокие температуры отрицательно сказались на общем уровне продуктивности зеленой массы по стандарту и всем образцам (рис. 1).

В первый год пользования травостоем (второй год жизни, 2018 г.) из 11 лучших вариантов костреца безостого выделены 4 (сорт Свердловский 38, сортообразцы СГП к-4543, СГП к-4539, СГП к-4562), которые по продуктивности зеленой массы превышали стандарт более чем на 5%. На второй год пользования травостоем (третий год жизни, 2019 г.) продуктивность всех образцов значительно снизилась – в 1,4–1,9 раза (кроме сорта Ишимский юбилейный). Так, у стандарта урожайность зеленой массы соответственно составляла 12,76 т/га, на лучших изучаемых вариантах (сорта Коктас, Ишимский юбилейный и Свердловский 38, сортообразцы СГП к-4553, СГП к-4562, СГП к-4543, СГП к-4539 и СГП к-4499) она была выше на 8,8–32,3%.

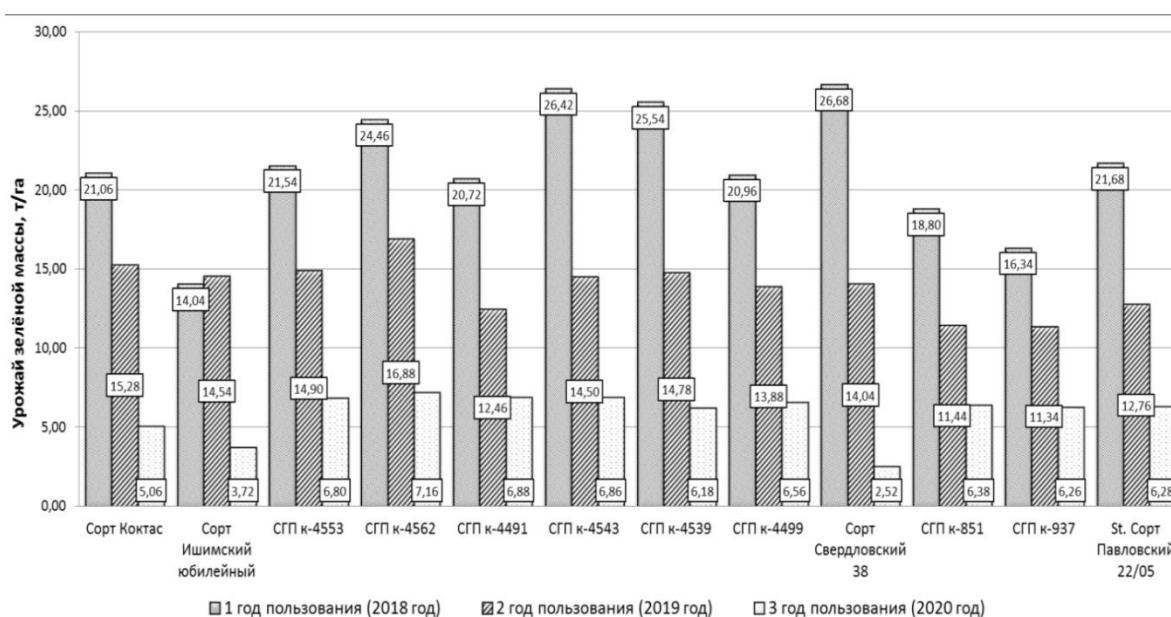


Рис. 1. Урожай зеленой массы лучших образцов в коллекционном питомнике костреца безостого

По нашему мнению, снижение урожая зеленой массы происходило из-за недостатка влаги. Это сдерживало ростовые процессы, у растений в периоды засухи наблюдалось усыхание листьев, что отрицательно сказывалось на формировании энергетических запасов растений для перезимовки и активного отрастания следующей весной. Большое значение для растений имеют количество осадков и запасы продуктивной влаги, оптимальное содержание которых весной в метровом слое почвы должно составлять 170–175 мм. На начальный период отрастания и величину урожая положительное влияние оказывает количество осадков зимнего периода, а за вегетационный период и их распределение по месяцам и фазам развития растений.

В условиях острозасушливого 2020 г. (третий год пользования) на изучаемых вариантах был получен только один укос. Причиной этому стали высокая температура воздуха и незначительное количество атмосферных осадков, выпавших в летний период – 50,8 мм. В 2018 и 2019 гг. с июня по август выпало 198 и 188% осадков от среднелетней нормы, что способствовало формированию полноценного второго укоса.

Семенная продуктивность костреца безостого значительно изменялась в разные годы пользования, что было связано с биологическими особенностями изучаемых сортов и сортообразцов и погодных условий в период вегетации (рис. 2).

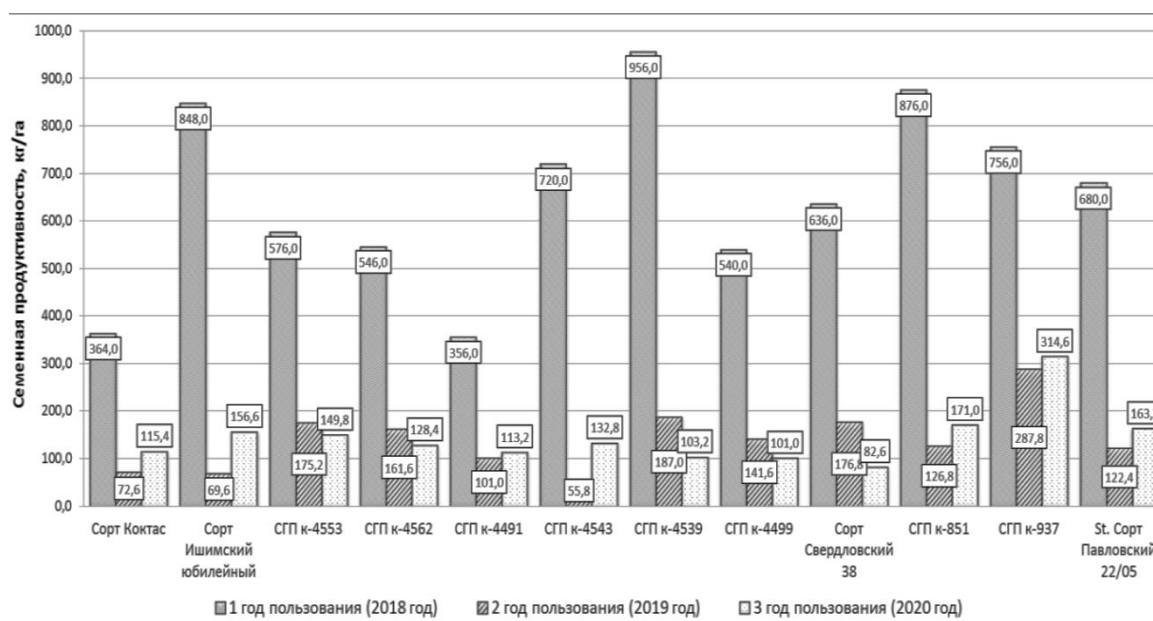


Рис. 2. Семенная продуктивность лучших образцов в коллекционном питомнике костреца безостого

Наибольшую урожайность семян – 956 кг/га сформировал сортообразец СГП к-4539 в первый год пользования. В среднем за 2018–2020 гг. урожай данного образца составил 415,4 кг/га семян, что на 29,1% превышает урожай стандарта. Урожайность семян также варьировала и по другим образцам. Среди изучаемых вариантов сорт Коктас оказался менее урожайным. В среднем за три года пользования семенным травостоем его продуктивность составила лишь 57,2% к стандарту.

Большое влияние на урожайность кормовой и семенной продуктивности оказывает относительная влажность воздуха, которая в 2020 г. при атмосферной засухе и суше в отдельные дни снижалась до 30%, что увеличивало коэффициент водопотребления и испарения выпавших осадков с поверхности почвы. В этом году по урожайности на 5% и более превышали стандарт 4 образца, в том числе СГП к-4491, который по средней за три года урожайности был на уровне стандарта. Можно предположить, что этот образец обладает большим адаптивным потенциалом и повышенной засухоустой-

чивостью. Он, возможно, менее требователен к плодородию почвы и продуктивность его в меньшей степени зависит от недостатка влаги, чем стандарт и другие образцы. У двух образцов (СГП к-4539 и сорта Свердловский 38), имевших по трехлетним данным 5% превышение урожайности, в 2020 г. урожайность соответственно составляла 103,2 и 82,6 кг/га против 163,2 кг/га у стандарта. По нашему мнению, эти два образца более влаголюбивые и прибавку к стандарту они сформировали в более благоприятные по влагообеспеченности 2018 и 2019 гг.

Выводы

Таким образом, в результате комплексной оценки нового исходного материала костреца безостого в почвенно-климатических условиях степи Центрального Черноземья установлено, что сортообразцы СГП к-4553, СГП к-4562 и СГП к-4543 по урожаю зеленой массы превысили стандарт выше 5%, в том числе в засушливом 2020 г, а сортообразец СГП к-4539 – по урожаю зеленой массы и семенной продуктивности. Выделившиеся образцы обладают комплексом хозяйственно ценных признаков и могут привлекаться в качестве исходного материала для посева в питомнике поликросса с целью дальнейшего выведения новых сортов.

Благодарности

Авторы выражают благодарность Филипповой Н.И. – зав. отделом селекции многолетних трав НПЦЗХ им. А.И. Бараева за предоставленные образцы из коллекции центра.

Список источников

1. Золотарев В.Н., Иванов И.С., Чекареева А.В. Влияние агроклиматических условий и пчелоопыления на урожайность семян эспарцета песчаного в степной зоне // Достижения науки и техники АПК. 2019. № 9. С. 32–38. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10907.
2. Казарина А.В., Абраменко И.С., Марунова Л.К. Оценка сортообразцов костреца безостого по хозяйственно-ценным признакам и свойствам в лесостепи Самарского Заволжья // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2019. Т. 21, № 6 (92). С. 131–136.
3. Казарин В.Ф., Казарина А.В., Гуцалюк М.И. Семенная продуктивность костреца (*Bromopsis inermis* Leys., *Bromopsis erecta* Hubs.) в лесостепи Средневолжского региона // АгроЭкоИнфо. 2017. № 4 (30). С. 22.
4. Кашеваров Н.И., Осипова Г.М., Тюрюков А.Г. и др. Исследования особенностей биологических признаков костреца безостого *Bromus inermis* Leys. для возделывания в экстремальных условиях // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2014. № 6. С. 14–17.
5. Никитин В.В., Карабутов А.П., Мельников В.И. и др. Эффективность удобрений в производственных условиях Центрального Черноземья // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 9. С. 120–126.
6. Новоселов Ю.К., Киреев В.Н., Кутузов Г.П. и др. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. Москва: типография Россельхозакадемии, 1997. 156 с.
7. Осипова Г.М., Серикпаева С.В., Филиппова Н.И. Реакция урожайности семян сложногибридных популяций костреца безостого на влагообеспеченность в условиях лесостепи Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2011. № 1(217). С. 53–57.
8. Сапрыкин С.В., Золотарев В.Н., Иванов И.С. и др. Научные основы селекции и семеноводства многолетних трав в Центрально-Черноземном регионе России. Воронеж: ОАО «Воронежская областная типография», 2020. 496 с.
9. Суховеева О.Э. Изменения климатических условий и агроклиматических ресурсов в Центральном районе Нечерноземной зоны // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2016. № 4. С. 41–49.
10. Уразова Л.Д., Литвинчук О.В., Сайнакова А.Б. Скрининг коллекционных образцов костреца безостого в таежной зоне Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51, № 1. С. 51–59. DOI: 10.26898/0370-8799-2021-1-6.
11. Шепелев В.В., Юсова О.А., Момонов А.Х. Оценка качества, продуктивность семян и зеленой массы сортов костреца безостого омской селекции // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 10 (192). С. 35–42.

References

1. Zolotarev V.N., Ivanov I.S., Chekmareva A.V. Vliyanie agroklimaticheskikh uslovij i pcheloopyleniya na urozhajnost' semyan espartseta peschanogo v stepnoj zone [Influence of agroclimatic conditions and bee pollination on the yield of Hungarian sainfoin seeds in the steppe zone]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*. 2019;9:32-38. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10907 (In Russ.).

2. Kazarina A.V., Abramenko I.S., Marunova L.K. Otsenka sortoobraztsov kostretsa bezostogo po hozyajstvenno-cennym priznakam i svoystvam v lesostepi Samarskogo Zavolzh'ya [Evaluation of variety samples of carriage caustic by economically valuable signs and properties in forest steppe of Samara Volga region]. *Izvestiya Samarskogo Nauchnogo Centra Rossijskoj Akademii Nauk = Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2019;21(6):131-136. (In Russ.).
3. Kazarin V.F., Kazarina A.V., Gutsalyuk M.I. Semennaya produktivnost' kostretsa (*Bromopsis inermis* Leys., *Bromopsis erekta* Hubs.) v lesostepi Srednevolzhskogo regiona [Seed productivity of meadow brome (*Bromopsis inermis* Leys., *Bromopsis erekta* Hubs.) in the forest-steppe of the Middle Volga region]. *AgroEcolInfo = AgroEcolInfo*. 2017;4(30):22. (In Russ.).
4. Kashevarov N.I., Osipova G.M., Tyuryukov A.G., et al. Issledovaniya osobennostej biologicheskikh priznakov kostretsa bezostogo *Bromus inermis* Leys dlya vozdel'yvaniya v ekstremal'nykh usloviyakh [The results of the study of smooth brome grass *Bromus inermis* Leys and its use under extreme environmental conditions]. *Doklady Rossijskoj Akademii Sel'skokhozyajstvennykh Nauk = Russian Agricultural Sciences*. 2014;6:14-17. (In Russ.).
5. Nikitin V.V., Karabutov A.P., Melnikov V.I., et al. Effektivnost' udobrenij v proizvodstvennykh usloviyakh Central'nogo Chernozem'ya [The efficiency of fertilizers in the production conditions of the Central Black Earth Region]. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skokhozyajstvennoj akademii = Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2016;9:120-126. (In Russ.).
6. Novoselov Yu.K., Kireev V.N., Kutuzov G.P., et al. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu polevykh opytov s kormovymi kul'turami [Methodological instructions for conducting field experiments with forage crops]. Moscow: Rossel'khozakademia Press, 1997. 156 p. (In Russ.).
7. Osipova G.M., Serikpaeva S.V., Filippova N.I. Reaktsiya urozhajnosti semyan slozhnogibridnykh populyatsij kostretsa bezostogo na vlogoobespechennost' v usloviyakh lesostepi Zapadnoj Sibiri [Response of seed productivity in complex-hybrid populations of awnless brome grass on moisture supply under conditions of forest steppe in Western Siberia]. *Sibirskij vestnik sel'skokhozyajstvennoj nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*. 2011;1:53-57. (In Russ.).
8. Saprykin S.V., Zolotarev V.N., Ivanov I.S., et al. Nauchnye osnovy seleksii i semenovodstva mnogoletnikh trav v Central'no-Chernozemnom regione Rossii [Scientific bases of breeding and seed production of perennial grasses in the Central Chernozem Region of Russia]. Scientific publication. Voronezh: Voronezh Regional Printing House, 2020. 496 p. (In Russ.).
9. Sukhoveeva O.E. Izmeneniya klimaticheskikh uslovij i agroklimaticheskikh resursov v Central'nom rajone Nechernozemnoj zony [Changes of climatic conditions and agroklimatic resources in Central Non-Black Soil Zone]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya = Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*. 2016;4:41-49. (In Russ.).
10. Urazova L.D., Litvinchuk O.V., Sainakova A.B. Skринing kollektsionnykh obraztsov kostretsa bezostogo v taеzhnoj zone Zapadnoj Sibiri [Screening of awnless brome grass collection samples in the taiga zone of Western Siberia]. *Sibirskij vestnik sel'skokhozyajstvennoj nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*. 2021;51(1):51-59. DOI: 10.26898/0370-8799-2021-1-6. (In Russ.).
11. Shepelev V.V., Yusova O.A., Momonov A.Kh. Otsenka kachestva, produktivnost' semyan i zelenoj massy sortov kostretsa bezostogo Omskoj seleksii [Quality appraisal and seed and herbage productivity of awnless brome varieties developed in Omsk]. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2020;10(192):35-42. (In Russ.).

Информация об авторах

И.С. Иванов – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник Воронежской опытной станции по многолетним травам филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса».

В.Н. Золотарев – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник, зав. лабораторией семеноводства и семеноведения кормовых культур ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса».

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

Information about the authors

I.S. Ivanov, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Voronezh Experimental Station for Perennial Grasses – Branch of Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology.

V.N. Zolotarev, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Leading Researcher, Head of the Laboratory of Seed Breeding and Forage Crops Seed Studies, Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology.

V.N. Obraztsov, 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.

Статья поступила в редакцию 01.11.2021; одобрена после рецензирования 14.12.2021; принята к публикации 26.12.2021.

The article was submitted 01.11.2021; approved after revision 14.12.2021; accepted for publication 26.12.2021.

© Иванов И.С., Золотарев В.Н., Образцов В.Н., 2021

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 632.51+633/635

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2021_4_65

Взаимоотношения культурного и сорного компонентов в агрофитоценозах

Сергей Иванович Коржов^{1✉}, Татьяна Александровна Трофимова², Иван Борисович Бачев³,
Евгений Алексеевич Гранкин⁴^{1, 2, 3, 4}Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия¹korzem@mail.ru✉

Аннотация. Представлены результаты исследований, проведенных с целью изучения взаимного влияния семян культурных и сорных растений в различных количествах при их совместном произрастании. В чашках Петри проращивали семена 4 видов сорных растений (щавель курчавый, просо куриное, щирица запрокинутая, циклохена) в следующих количествах: 0 (контроль), 10, 20, 30, 40, 50 шт. семян. Через 7 дней в каждую чашку Петри высевали по 50 семян культуры-акцептора (редька масличная). Через 24 часа подсчитывали число проросших семян культуры по методике А.М. Туликова, И.А. Заверткина, 2007. Повторность вариантов в лабораторном опыте – трехкратная. Исследования показали, что аллелопатически активные вещества, выделяемые сорными растениями, оказали существенное влияние на семена редьки масличной, задерживая их прорастание. Высокую аллелопатическую активность по отношению к тестируемому объекту проявили семена циклохены. Под воздействием семян сорных растений лабораторная всхожесть семян редьки масличной снизилась на 56–79% по сравнению с контрольным вариантом. Показано, что одной из основных характеристик агрофитоценозов является система взаимоотношений между растениями в подземной сфере, которые проявляются как через конкурентные, так и симбиотические взаимоотношения. Корневые выделения семян сорных растений снижали всхожесть семян растения-акцептора (редьки масличной) в среднем на 56–92% по сравнению с контрольным вариантом. Сделан вывод, что при планировании мероприятий по борьбе с сорными растениями необходимо особое внимание уделять аллелопатически активным видам сорных растений, которые не только потребляют влагу, питательные вещества, но и оказывают отрицательное влияние на культурные растения на биохимическом уровне.

Ключевые слова: семена сорняков, культурные растения, аллелопатия, солома зерновых культур, колыны, рост и развитие семян

Для цитирования: Коржов С.И., Трофимова Т.А., Бачев И.Б., Гранкин Е.А. Взаимоотношения культурного и сорного компонентов в агрофитоценозах // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14, № 4(71). С. 65–74. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_65-74.

GENERAL SOIL MANAGEMENT, CROP SCIENCE
(AGRICULTURAL SCIENCES)

Original article

Features of cultural and weed components relationship in agrophytocenoses

Sergey I. Korzhov^{1✉}, Tatiana A. Trofimova², Ivan B. Bashchev³, Evgeniy A. Grankin⁴^{1, 2, 3, 4}Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia¹korzem@mail.ru✉

Abstract. The authors present the results of research performed in order to study the mutual influence of seeds of cultivated and weed plants during their joint growth at various quantities. Seeds of 4 species of weeds (curly sorrel, barnyard millet, redroot pigweed, and sumpweed) were germinated in Petri dishes in the following quantities: 0 (control), 10, 20, 30, 40, and 50 seeds. After 7 days, 50 seeds of the acceptor crop (oil radish) were sown in each Petri dish. After 24 hours, the number of germinated seeds of the crop was counted according to the method of A.M. Tulikova, I.A. Zavertkina, 2007. The laboratory experiment was performed in three replications. Studies have shown that allelopathically active substances secreted by weeds had a significant impact on the germination of oil radish seeds delaying their germination. The seeds of sumpweed showed high allelopathic activity in relation to the tested object. Under the influence of weed seeds, the laboratory germination of oil radish seeds decreased by 56-79% compared to the control variant. It is shown that one of the main characteristics of agrophytocenoses is the system of relationships between plants in the underground sphere, which manifest themselves through both competitive and symbiotic relationships. Root secretions of weed seeds reduced the germination of acceptor plant seeds (oil radish) by 56-92% on average compared to the control variant. It is

concluded that planning the measures to combat weeds requires paying special attention to allelopathically active species of weeds, which not only consume moisture and nutrients, but also have a negative impact on cultivated plants at the biochemical level.

Key words: weed seeds, cultivated plants, allelopathy, cereal straw, colines, seed growth and development

For citation: Korzhov S.I., Trofimova T.A., Bashchev I.B., Grankin E.A. Features of cultural and weed components relationship in agrophytocenoses. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2021;14(4):65-74. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_65-74.

Взаимное влияние растительного сообщества может быть как положительным, так и отрицательным с точки зрения химического взаимодействия. Это явление достаточно широко распространено в растительном мире, особенно резко оно проявляется в агроценозах с нарушением обменного процесса между растениями и почвой [3, 4, 14, 15].

Аллелопатическое действие одних растений на другие зависит от видового состава сорного и культурного компонента агроландшафта, от вида вносимых удобрений и концентрации элементов питания в почвенно-поглощающем комплексе [1, 3, 8] и может приводить к снижению прорастания семян и подавлять рост растений. По мнению исследователей, за счет аллелопатического эффекта урожайность сельскохозяйственных культур в агрофитоценозах может снижаться до 70% [2, 7].

Для понимания явления аллелопатии и роли сорного компонента в этом процессе нужны достоверные показатели вредоносности различных видов сорняков [5, 6, 8].

По своим биологическим особенностям сорняки более приспособлены к месту произрастания. Более высокая выживаемость сеgetальной растительности связана с их прижизненными выделениями в почву веществ различной химической природы. Эти соединения по своему действию могут стимулировать или угнетать рост и развитие сельскохозяйственных растений. Без учета этого влияния затруднительно внедрение современных технологий возделывания растений, а также реализация их биологического потенциала. При переходе к нулевой обработке почвы семена сорняков остаются на поверхности или в верхнем слое почвы, в котором размещаются и семена культурных растений. Прорастая, семена сорных растений или оказывают стимулирующее влияние на семена полевых растений, или подавляют их рост.

Сорняки являются постоянными компонентами в агрофитоценозах, конкурентами культурных растений за влагу, питательные вещества, снижая величину и качество урожая сельскохозяйственных культур [3, 9]. Потенциальный запас семян сорных растений может быть очень значительным и достигать 2–3 млрд шт. в пахотном слое чернозёмов [9, 10, 17].

Определение основных причин снижения продуктивности возделываемых культур является главной задачей агрономической службы предприятия. Такой причиной может быть почвоутомление (одностороннее истощение почвы, появление в почве токсических веществ, оказывающих отрицательное действие на сельскохозяйственные растения) [3]. Сорняки, выделяя в процессе роста токсические вещества, нарушают обмен веществ в почве, что может привести к снижению всхожести семян культурных растений. Поступая в почву при отмирании корневых волосков, вещества различной химической природы могут тормозить или, наоборот, стимулировать рост и развитие сельскохозяйственных растений [11, 12, 13].

Растения, произрастающие рядом друг с другом в агрофитоценозах, являются фактором, влияющим на выбор того или иного способа основной обработки почвы и служат ориентиром для выбора растений при их совместном возделывании. Это, в свою очередь, требует оптимизации фитосанитарного состояния агрофитоценоза [7, 14, 16].

В сельскохозяйственном производстве большое значение для регулирования засоренности посевов имеет конкуренция между сорными и культурными растениями. Интенсивность конкуренции между сорными растениями и культурой зависит от видовых особенностей сорняков, культурных растений, сорта, агротехнических приемов возделывания: нормы высева, способа посева, удобрений (дозы, формы, вида) и т. д.

Аллелопатия – (от древнегреческого «аллело» – взаимно и «патос» – испытываемое воздействие») круговорот физиологически активных веществ – колинов, является одной из форм взаимодействия растений в растительных сообществах. По мнению многих исследователей [3, 4], совместное действие аллелопатии и конкуренции со стороны сорняков снижает урожайность сельскохозяйственных растений на 40–80%. Донорами колинов в агрофитоценозах могут быть как сорные, так и культурные растения. Физиологически активные вещества, выделяемые растениями в почву, могут задерживать или ускорять прорастание семян культурных растений.

Видовой состав сорных растений является определяющим фактором отрицательного влияния на рост и развитие культурных растений. Сельскохозяйственные культуры в зависимости от фазы развития имеют различную чувствительность к тому или иному сорняку. Особо важно, чтобы влияние сорных растений было минимальным в период раннего развития культур.

Цель исследований: изучить взаимное влияние семян культурных и сорных растений при их совместном произрастании и их различных количествах.

Методика исследований

В чашках Петри на двуслойном бумажном фильтре проращивали семена 4 видов сорных растений. В качестве растений-доноров в экспериментах использовали щавель курчавый, просо куриное, щирицу запрокинутую и циклохену в следующих количествах: 0 (контроль), 10, 20, 30, 40, 50 шт. семян. Через 7 дней в каждую чашку Петри высевали по 50 семян культуры-акцептора – редьки масличной. Через 24 часа подсчитывали число проросших семян культуры по методике А.М. Туликова, И.А. Заверткина, 2007 [18]. Повторность вариантов в лабораторном опыте – трехкратная.

Результаты исследований

Сорный компонент изучаемого агрофитоценоза представлен следующими видами:

- 1 – щавель курчавый (*Rumex crispus*) – стержнекорневой многолетний;
- 2 – просо куриное (*Panicum crusgalli*) – яровой поздний малолетний;
- 3 – щирица запрокинутая (*Amaranthus retrofllexus*) – яровой поздний малолетний;
- 4 – циклохена (*Iva xanthifolia*) – яровой ранний малолетний.

Засоренность посевов сельскохозяйственных культур составляла 18–48 шт. на м².

Исследования показали, что аллелопатическая активность изучаемых сорных растений достаточно велика. Аллелопатически активные вещества, выделяемые сорными растениями, оказали существенное влияние на семена редьки масличной, задерживая их прорастание.

Установлено, что на количество проросших семян растения-акцептора влияет как число семян сорных растений, так и видовой состав сорняков. Высокую аллелопатическую активность по отношению к тестируемому объекту проявили семена циклохены (табл. 1). Под воздействием семян сорных растений лабораторная всхожесть семян редьки масличной снизилась на 56–79% по сравнению с контрольным вариантом.

Таблица 1. Аллелопатическое воздействие изучаемых сорных растений на прорастание семян редьки масличной

Вариант (число семян растения-донора), шт.	Проросло семян растения-акцептора – редьки масличной, шт.				
	I	II	III	X _{ср.}	% к St
Щавель курчавый					
0 (St)	49	48	48	48	100
10	20	26	16	21	43
20	27	24	18	23	47
30	21	17	27	21	43
40	15	13	13	13	26
50	22	9	15	12	24
HCP ₀₅ , шт.	9,84				
F _{факт.} (18,4) > F _{табл.} (3,33)					
Просо куриное					
0 (St)	49	48	48	48	100
10	26	21	21	23	48
20	17	18	22	20	42
30	24	20	14	19	39
40	7	23	20	16	33
50	19	15	15	17	35
HCP ₀₅ , шт.	8,82				
F _{факт.} (20,9) > F _{табл.} (3,33)					
Щирица запрокинутая					
0 (St)	49	48	48	48	100
10	14	21	20	18	37
20	14	16	20	17	35
30	34	13	28	25	52
40	20	21	18	20	42
50	30	19	15	21	44
HCP ₀₅ , шт.	11,1				
F _{факт.} (12,4) > F _{табл.} (3,33)					
Циклохена					
0 (St)	49	48	48	48	100
10	14	18	24	18	38
20	22	17	20	19	39
30	19	20	21	20	41
40	19	15	9	14	29
50	20	12	11	14	29
HCP ₀₅ , шт.	7,16				
F _{факт.} (34,9) > F _{табл.} (3,33)					

Минимальная аллелопатическая активность наблюдалась у щирицы запрокинутой по сравнению с другими изучаемыми сорными растениями. Влияние семян щирицы запрокинутой на прорастание семян акцептора составило в среднем 58% по отношению к контролю.

Исследования показали, что с ростом числа семян донора (сорных растений) всхожесть семян редьки масличной снижается. Таким образом, при планировании мероприятий по борьбе с сорными растениями необходимо особое внимание уделять аллелопатически активным видам сорных растений, которые не только потребляют влагу, питательные вещества, но и оказывают отрицательное влияние на культурные растения на биохимическом уровне. Учитывать эти взаимодействия на практике не всегда удастся, так как этот механизм достаточно сложный и на его проявление действует множество факторов.

Изучаемые семена сорных растений обладают различной аллелопатической активностью. С ростом количества семян растения-донора ингибирующий аллелопатический эффект проявляется в большей степени. Наибольшую аллелопатическую активность по отношению к тестируемому объекту проявили семена циклохены.

Одной из основных характеристик агрофитоценозов является система взаимоотношений между растениями в подземной сфере, которые проявляются как через конкурентные, так и симбиотические взаимоотношения. А.М. Гродзинский считает аллелопатию одной из причин почвоутомления [3]. Аллелопатия охватывает явления не только угнетения растений, но и стимуляции растений. В сельскохозяйственном производстве использование результатов изучения аллелопатии ведется в следующих направлениях:

- снижение отрицательного влияния, оказываемого растениями-ингибиторами роста на другие виды растений;

- использование аллелопатических свойств растений в сельскохозяйственном производстве при подборе культур в севообороте, формировании многокомпонентных агрофитоценозов, использование с.-х. культур с аллелопатическими свойствами для снижения засоренности посевов. Культуры, обладающие аллелопатическими свойствами для подавления сорных растений, могут использоваться в качестве мульчи, применяться в севообороте, использоваться в смешанных посевах, при обработке посевов водным экстрактом.

Важным фактором, влияющим на взаимоотношения растений в агроценозе, являются колины. Колины – это вещества, осуществляющие химическое воздействие одних высших растений на другие, угнетающие рост растений при высоких концентрациях. В состав колинов входят первично выделенные растениями вещества биологической и физико-механической природы.

В естественных экосистемах, за счет высокого разнообразия видов и высокой гетерогенности, взаимодействия между видами растений характеризуются устойчивым состоянием, а в агрофитоценозах взаимоотношения между растениями подвержены периодическим изменениям из-за узковидового, часто монодоминантного растительного сообщества, применения удобрений и пестицидов, различных приемов обработки почвы и т. д.

В агрофитоценозах сорные растения являются постоянными компонентами системы, они конкурируют с культурными растениями за питательные вещества и влагу. Видовые особенности сорняков и культурных растений, сорт, особенности технологии возделывания (нормы высева, способа посева, дозы, формы, вида удобрений и т. д.) оказывают влияние на интенсивность конкуренции между сорными и культурными растениями.

За счет комплексного влияния аллелопатии и конкуренции сорных растений урожайность полевых культур может уменьшаться на 35–75%.

В агроэкосистемах донорами физиологически активных веществ – колинов, способствующих ускорению или замедлению прорастанию семян растений, могут быть как сорные растения, так и полевые культуры. По мнению А.М. Гродзинского, самой высокой чувствительностью растения обладают в начальной фазе своего развития – во время прорастания семян. В его работах прослеживается снижение прорастания семян и уменьшение длины проростков озимой пшеницы при обработке водными экстрактами из корневищ пырея ползучего [3].

В чашках Петри на двуслойном бумажном фильтре проращивали семена 6 видов сорных растений-доноров. Изучали следующие варианты лабораторного опыта: 0 (контроль), 10, 30, 50 и 70 шт. семян. Через 7 дней в каждую чашку Петри высевали по 50 семян культуры-акцептора (редька масличная, которая угнетается в результате действия колинов). Через сутки подсчитывали число проросших семян редьки масличной. Повторность вариантов в лабораторном опыте – трехкратная.

Для изучения были взяты сорняки, доминирующие в изучаемой агроэкосистеме. В лабораторном опыте изучалась аллелопатическая активность следующих видов сорных растений:

- марь белая (*Chenopodium album*) – яровой ранний малолетний сорняк;
- осот полевой (*Sonchus arvensis*) – корнеотпрысковый многолетний сорняк;
- щетинник сизый (*Setaria glauca*) – яровой поздний малолетний сорняк;

- подмаренник цепкий (*Galium aparine*) – яровой ранний малолетний сорняк;
- овсюг (*Avena fatua*) – яровой ранний малолетний сорняк;
- повилика клеверная (*Cuscuta trifolii*) – стеблевое паразитное растение.

Засоренность посевов сельскохозяйственных культур составляла 10–38 шт. на м².

В результате исследований установлено, что все изучаемые семена различных видов сорных растений обладают ингибирующим воздействием на изучаемую тест-культуру (табл. 2).

Таблица 2. Аллелопатическое воздействие изучаемых сорных растений на прорастание семян редьки масличной

Вариант (число семян растения-донора), шт.	Проросло семян (акцептора, 50 семян) – редьки масличной, шт.					
	I	II	III	X _{ср.}	% к St	УКЕ, мг/л
Марь белая						
0 (St)	45	48	45	46	100	-
10	29	20	8	19	41	110
30	21	23	14	19	41	110
50	20	24	26	23	50	75
70	18	19	19	18	39	120
НСР ₀₅ , шт.	10,1					
F _{факт.} (14,4) > F _{табл.} (3,84)						
Осот полевой						
0 (St)	45	48	45	46	100	
10	25	28	15	23	50	75
30	12	19	14	15	33	165
50	16	22	14	17	37	140
70	23	19	17	19	41	110
НСР ₀₅ , шт.	6,03					
F _{факт.} (46,2) > F _{табл.} (3,84)						
Щетинник сизый						
0 (St)	45	48	45	46	100	
10	21	9	17	16	35	145
30	25	18	15	19	41	110
50	20	25	14	19	41	110
70	12	23	10	15	33	165
НСР ₀₅ , шт.	10,1					
F _{факт.} (17,7) > F _{табл.} (3,84)						
Подмаренник цепкий						
0 (St)	45	48	45	46	100	-
10	16	12	4	11	24	240
30	8	19	7	11	24	240
50	6	8	7	7	15	370
70	4	5	3	4	8	650
НСР ₀₅ , шт.	6,86					
F _{факт.} (66,7) > F _{табл.} (3,84)						
Овсяг						
0 (St)	45	48	45	46	100	-
10	18	8	12	13	28	205
30	5	10	8	8	17	340
50	12	16	11	13	28	205
70	11	14	7	10	21	280
НСР ₀₅ , шт.	6,35					
F _{факт.} (65,9) > F _{табл.} (3,84)						
Повилика						
0 (St)	45	48	45	46	100	-
10	1	4	9	4	8	650
30	8	18	5	10	21	280
50	2	6	7	5	11	450
70	8	6	7	7	15	370
НСР ₀₅ , шт.	7,15					
F _{факт.} (65,4) > F _{табл.} (3,84)						

Прорастающие семена сорных растений (растение-донор) подавляли прорастание семян культурных растений (растение-акцептор – редька масличная).

Количество проросших семян редьки масличной зависело от числа семян сорняков, а также видового состава сорного компонента.

Корневые выделения семян сорных растений снизили всхожесть семян растения акцептора – редьки масличной в среднем на 56–92% по сравнению с контрольным вариантом.

Минимальная аллелопатическая активность наблюдалась у мари белой по сравнению с другими изучаемыми сорными растениями. Среднее количество проросших семян растения-акцептора на варианте с марью белой $X_{\text{ср.}}$ было 20 шт., что составило 43% по отношению к контрольному варианту.

А.М. Гродзинский для удобства расчета и анализа полученных показателей предложил шкалу для перевода данных в % всхожести семян тест-культуры в условные кумариновые единицы (УКЕ, мг/л кумарина) – известного тормозителя роста, принятого за стандарт [3]. Полное угнетение тест-культуры наблюдается при концентрации кумарина 1364 мг/л, а стимуляция прорастания – при 5 мг/л.

На варианте с марью белой, которая использовалась в качестве донора корневых выделений, УКЕ в среднем по опыту составили 104 мг/л. Высокую аллелопатическую активность по отношению к тестируемому объекту проявили семена подмаренника цепкого и овсяга.

Под воздействием семян сорных растений лабораторная всхожесть семян редьки масличной снизилась на 56–92% по сравнению с контрольным вариантом.

Минимальная аллелопатическая активность наблюдалась у щирицы запрокинутой по сравнению с другими изучаемыми сорными растениями (табл. 2).

Влияние семян щирицы запрокинутой на прорастание семян акцептора составило в среднем 58% по отношению к контролю.

Исследования показали, что с ростом числа семян донора (сорных растений) всхожесть семян редьки масличной снижается. Это происходит за счет кумулятивного эффекта, когда идет накопление в почве колинов, при достижении определенного уровня они начинают резко тормозить ростовые процессы в культурных растениях.

В лабораторном опыте в трехкратной повторности изучалась всхожесть семян сорняков в зависимости от разных доз внесения соломы (ячменя и озимой пшеницы). Действие разлагающейся соломы изучали на семенах следующих сорняков:

- 1 – марь белая;
- 2 – циклохена дурнишниковидная;
- 3 – щирица запрокинутая;
- 4 – просо куриное.

Высевали по 10 семян каждого вида. При этом срок компостирования соломы до посева семян составил 4 месяца. Дозы соломы для опыта рассчитывались исходя из дозы, рекомендуемой для внесения на полях – 8 тонн. Данной фактической дозе для 100 г почвы соответствует расчетная – 0,3 г соломы; две дозы – 0,6 и три дозы – 0,9 г.

Схема опыта:

1. Солома на поверхности: 0,3; 0,6 и 0,9 дозы.
2. Солома перемешана с почвой: 0,3; 0,6 и 0,9 дозы.

Контроль: почва с фильтровальной бумагой.

Согласно полученным данным (табл. 3), марь белая, циклохена дурнишниковидная и просо куриное угнетались в большей степени при внесении соломы ячменя поверхностно, щирица запрокинутая – при перемешивании соломы с почвой.

Максимальное ингибирующее воздействие оказала доза соломы ячменя 0,9 граммов, т. е. 3 дозы (24 тонны), на марь белую и просо куриное. На циклохену и щирицу такое воздействие оказали две дозы.

В целом по сравнению с контролем солома ячменя оказала стимулирующее воздействие на прорастание семян мари белой и ингибирующее на всхожесть проса куриного.

Таблица 3. Всхожесть семян сорной растительности при различных дозах внесения соломы ячменя, % от общего количества

Доза соломы	Марь белая	Циклохена дурнишниковидная	Щирица запрокинутая	Просо куриное
Контроль	10	–	–	60
1 доза на поверхности	93	40	53	42
1 доза, смешанная с почвой	53	23	20	30
2 дозы на поверхности	100	33	10	32
2 дозы, смешанные с почвой	60	27	37	22
3 дозы на поверхности	53	33	17	18
3 дозы, смешанные с почвой	70	47	20	12

Аналогичные закономерности прослеживаются в опыте с соломой озимой пшеницы (табл. 4). Здесь марь белая, циклохена дурнишниковидная и щирица запрокинутая больше угнетались при поверхностном распределении соломы озимой пшеницы, а просо куриное – на вариантах применения соломы, перемешанной с почвой.

Минимальная всхожесть семян была на вариантах с щирицей запрокинутой и циклохеной дурнишниковидной.

Таблица 4. Всхожесть семян сорной растительности при различных дозах внесения соломы озимой пшеницы, % от общего количества

Доза соломы	Марь белая	Циклохена дурнишниковидная	Щирица запрокинутая	Просо куриное
Контроль	10	–	–	60
1 доза на поверхности	27	20	7	18
1 доза, перемешанная с почвой	20	3	7	7
2 дозы на поверхности	47	3	3	8
2 дозы, перемешанные с почвой	50	3	3	10
3 дозы на поверхности	57	23	10	15
3 дозы, перемешанные с почвой	50	7	–	28

В целом в двух опытах и с соломой ячменя, и с соломой озимой пшеницы наблюдалась общая тенденция – стимулирование всхожести мари белой (яровой ранний сорняк) и угнетение проса куриного (яровой поздний сорняк).

Выводы

1. При планировании мероприятий по борьбе с сорными растениями необходимо особое внимание уделять аллелопатически активным видам сорных растений, которые не только потребляют влагу, питательные вещества, но и оказывают отрицательное влияние на культурные растения на биохимическом уровне.

2. Изучаемые семена сорных растений обладают различной аллелопатической активностью. С ростом количества семян растения-донора ингибирующий аллелопатический эффект проявляется в большей степени. Наибольшую аллелопатическую активность по отношению к тестируемому объекту проявили семена циклохены.

Список источников

1. Берестецкий О.А., Возняковская Ю.М., Доросинский Л.М. и др. Биологические основы плодородия почвы. Москва: Колос, 1984. 287 с.
2. Белюченко И.С. Микроорганизмы почв и их роль в функционировании аграрных ландшафтов // Наука, технологии и инновации в современном мире. 2016. № 1(3). С. 18–25.
3. Гродзинский А.М. Аллелопатические проблемы почвоутомления. Киев: Наукова думка, 1991. 432 с.
4. Головкин Э.А. Микроорганизмы в аллелопатии высших растений. Киев: Наукова думка, 1984. 200 с.
5. Дзюин А.Г. Влияние соломы в севообороте на численность микроорганизмов и биологическую активность почвы // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. Т. 62(1). С. 58–64.
6. Дригидер В.К., Горшкова Н.А. Влияние сроков сева и гербицидов на засоренность подсолнечника, возделываемого без обработки почвы // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2020. № 4(67). С. 212–219. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.4.212.
7. Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв: учебник. 3-е изд., испр. и доп. Москва: Изд-во Московского гос. университета, 2005. 448 с.
8. Зезюков Н.И., Острцов В.Е. Сохранение и повышение плодородия чернозёмов. Воронеж: Центрально-Черноземное книжное изд-во, 1999. 310 с.
9. Кирюшин В.И. Экологизация земледелия и технологическая политика. Москва: Изд-во МСХА, 2001. 473 с.
10. Кольбе Г., Штумпе Г. Солома как удобрение; перевод с нем. Москва: Колос, 1972. 88 с.
11. Коржов С.И. Биологические процессы и плодородие чернозёма выщелоченного ЦЧЗ при внесении соломы и сидератов: автореферат дис. ... кандидата сельскохозяйственных наук. Воронеж, 1994. 21 с.
12. Коржов С.И., Трофимова Т.А., Маслов В.А. Оценка различных способов использования чернозёмов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2011. № 3. С. 27–29.
13. Лобков В.Т. Биоразнообразие в агроэкосистемах как фактор оптимизации биологической активности почвы // Почвоведение. 1999. № 6. С. 732–737.
14. Зеленский Н.А., Авдеенко А.П., Савинов А.С., Овчаренко М.С. Люцерна изменчивая в бинарных посевах с подсолнечником и озимой пшеницей // Земледелие. 2008. № 7. С. 34–35.
15. Райс Э. Аллелопатия; перевод с англ. Москва: Мир, 1978. 392 с.
16. Рябчикова В.В. Корневые гнили зерновых культур Центрально-Чернозёмного региона России. Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2012. 224 с.
17. Свистова И.Д., Щербаков А.П., Фролова Л.О. Токсины микромицетов чернозёма: спектр антибиотического действия и роль в формировании микробного сообщества // Почвоведение. 2004. № 10. С. 1220–1227.
18. Туликов А.М. Термины, определения и понятия агрофитоценологии: учебное пособие. Москва : ФГОУ ВПО РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2007. 52 с.

References

1. Berestecky O.A., Voznyakovskaya Yu.M., Dorosinsky L.M., et al. Biologicheskie osnovy plodorodiya pochvy [Biological bases of soil fertility]. Moscow: Kolos; 1984. 287 p. (In Russ.).
2. Belyuchenko I.S. Mikroorganizmy pochv i ih rol' v funktsionirovanii agrarnykh landshaftov [Soil microorganisms and their role in the functioning of agricultural landscapes]. *Nauka, tekhnologii i innovatsii v sovremennom mire = Science, Technologies and Innovations in the Modern world*. 2016;1(3):18-25. (In Russ.).
3. Grodzinsky A.M. Allelopathic problems of soil fatigation]. Kiev: Naukova dumka Press, 1991. 432 p. (In Russ.).
4. Golovko E.A. Mikroorganizmy v allelopatii vysshikh rastenij [Microorganisms in allelopathy of higher plants]. Kiev: Naukova dumka Press; 1984. 200 p. (In Russ.).
5. Dzyuin A.G. Vliyanie solomy v sevooborote na chislennost' mikroorganizmov i biologicheskuyu aktivnost' pochvy [Effect of straw on the number of microorganisms and biological activity of soil in crop rotation]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agrarian science of the Euro-North-East*. 2018;62(1):58-64. (In Russ.).

6. Dridiger V.K., Gorshkova N.A. Vliyanie srokov seva i gerbitsidov na zasorennost' podsolnechnika, vozdel'yaemogo bez obrabotki pochvy [Effect of sowing terms and application of herbicides on weed infestation of sunflower plantings cultivated without tillage]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2020;4(67):212-219. DOI: 10.17238/issn2071-2243. 2020. 4.212. (In Russ.).
7. Zvyagintsev D.G., Bab'eva I.P., Zenova G.M. Biologiya pochvy: uchebnyk. 3-e izd., ispr. i dop. [Soil biology: textbook. 3rd ed., revised and extended]. Moscow: Moscow State University Press; 2005. 448 p. (In Russ.).
8. Zezyukov N.I., Ostretsov V.E. Sokhranenie i povyshenie plodorodiya chernozemov [Soil conservation and boosting fertility of chernozems]. Voronezh: Central Chernozem Book Publishing House; 1999. 310 p. (In Russ.).
9. Kiryushin V.I. Ekologizatsiya zemledeliya i tekhnologicheskaya politika [Ecologization of agriculture and technological policy]. Moscow: Moscow State Agricultural Academy Press; 2001. 473 p. (In Russ.).
10. Kolbe G., Shtumpe G. Soloma kak udobrenie; perevod s nem. [Straw as a fertilizer; translation from German]. Moscow: Kolos Press; 1972. 88 p. (In Russ.).
11. Korzhov S.I. Biologicheskie protsessy i plodorodie chernozema vshchelochennogo CChZ pri vnosenii solomy i sideratov [Biological processes and fertility of leached chernozem in CChR at application of straw and green manure]: avtoreferat dis. ... kandidata sel'skokhozyajstvennykh nauk = author's abstract of Candidate of Agricultural Sciences. Voronezh; 1994. 21 p. (In Russ.).
12. Korzhov S.I., Trofimova T.A., Maslov V.A. Otsenka razlichnykh sposobov ispol'zovaniya chernozemov [Evaluation of various ways of chernozem soil usage]. *Vestnik rossijskoj sel'skokhozyajstvennoj nauki = Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2011;(3):27-29. (In Russ.).
13. Lobkov V.T. Bioraznoobrazie v agroekosistemakh kak faktor optimizatsii biologicheskoy aktivnosti pochvy [Biodiversity in agroecosystems as a factor optimizing biological activity of soil]. *Pochvovedenie = Soil Science*. 1999;(6):732-737. (In Russ.).
14. Zelensky N.A., Avdeenko A.P., Savinov A.S., Ovcharenko M.S. Lyutserna izmenchivaya v binarnykh posevakh s podsolnechnikom i ozimoy pshenitsej [Variegated alfalfa in binary sowings with sunflower and winter wheat]. *Zemledelie = Arable Farming*. 2008;(7):34-35. (In Russ.).
15. Rice E. Allelopatiya; perevod s angl. [Allelopathy; translation from English]. Moscow: Mir Press; 1978. 392 p. (In Russ.).
16. Ryabchikova V.V. Kornevye gnili zernovykh kul'tur Central'no-Chernozemnogo regiona Rossii [Root rot of grain crops of the Central Chernozem region of Russia]. Voronezh: Voronezh State Agricultural University Press, 2012. 224 p. (In Russ.).
17. Svistova I.D., Shcherbakov A.P., Frolova L.O. Toxins of chernozemic micromycetes: the range of antibiotic effect and their role in formation of the microbial community]. *Pochvovedenie = Soil Science*. 2004;(10):1220-1227. (In Russ.).
18. Tulikov A.M. Terminy, opredeleniya i ponyatiya agrofytocenologii: uchebnoe posobie [Terms, definitions and concepts of agrophytocenology: study guide]. Moscow: Russian State Agricultural University – Moscow State Agricultural Academy Press; 2007. 52 p. (In Russ.).

Информация об авторах

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

Т.А. Трофимова – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

И.Б. Башчев – аспирант кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Е.А. Гранкин – аспирант кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Information about the authors

S.I. Korzhov, 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.

T.A. Trofimova, 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.

I.B. Bashchev, Postgraduate Student, the Dept. of Soil Management, Crop Science and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

E.A. Grankin, Postgraduate Student, the Dept. of Soil Management, Crop Science and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Статья поступила в редакцию 01.10.2021; одобрена после рецензирования 14.11.2021; принята к публикации 20.11.2021.

The article was submitted 01.10.2021; approved after revision 14.11.2021; accepted for publication 20.11.2021.

© Коржов С.И., Трофимова Т.А., Башчев И.Б., Гранкин Е.А., 2021

АГРОХИМИЯ (СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 631.417.7

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2021_4_75

Влияние внесения удобрений и мелиоранта на состав и свойства фульвокислот чернозема выщелоченного**Елена Сергеевна Гасанова^{1✉}, Николай Георгиевич Мязин², Константин Егорович Стекольников³, Роман Николаевич Луценко⁴, Ангелина Владимировна Малявская⁵**^{1, 2, 3, 4, 5}Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,

Воронеж, Россия

¹upravlenieopm@mail.ru✉

Аннотация. Известно, что система органического вещества почв представляет собой многокомпонентную структуру с выраженными коллоидными свойствами. Ее важнейшими частями являются гуминовые и фульвокислоты. Исследования гуминовых кислот обширны и разнообразны, в то время как фульвокислотам уделяется мало внимания, хотя роль их в формировании почвенного плодородия значительна. Фульвокислоты не имеют определенной химической формулы, их состав очень изменчив, а строение может быть различным в зависимости от объекта экстракции (почва, вода, угли, торфы). Целью исследований являлось изучение изменения строения и кислотно-основных свойств молекул фульвокислот под влиянием длительного применения минеральных и органических удобрений, а также известкования. Работа проводилась в условиях многолетнего стационарного опыта кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. Выделенные и очищенные препараты фульвокислот анализировались различными методами. Установлено, что применение навоза и донного ила приводит к увеличению содержания в составе молекул ФК фенольных гидроксидов с рК 10. Кроме того, данные компоненты гумуса характеризуются большим набором различных по силе (рК) функциональных групп. По данным УФ-спектроскопии выявлено, что молекулы ФК варианта с двойной дозой минеральных удобрений на фоне навоза отличаются развитой алифатической частью, имеют множество ауксохромных заместителей. Молекулы ФК варианта с совместным внесением удобрений и мелиоранта имеют более сложный характер строения ядерной и периферической части. Внесение донного ила приводит к некоторому увеличению содержания карбоксильных групп, возможно, боковых цепей молекул. На всех вариантах опыта отмечается высокая конденсированность ядерных структур. Авторами установлено, что применяемые агротехнические приемы трансформируют количественный состав молекул ФК, в первую очередь их алифатическую часть.

Ключевые слова: фульвокислоты, удобрения, мелиорант, титрование, спектроскопия, плодородие почв

Для цитирования: Гасанова Е.С., Мязин Н.Г., Стекольников К.Е., Луценко Р.Н., Малявская А.В. Влияние внесения удобрений и мелиоранта на состав и свойства фульвокислот чернозема выщелоченного // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14, № 4(71). С. 75–85. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_75–85.

AGRICULTURAL CHEMISTRY (AGRICULTURAL SCIENCES)

Original article

Effect of fertilizers and ameliorant on the composition and properties of fulvic acids of leached chernozem**Elena S. Gasanova^{1✉}, Nikolay G. Myazin², Konstantin E. Stekolnikov³, Roman N. Lutsenko⁴, Angelina V. Malyavskaya⁵**^{1, 2, 3, 4, 5}Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia¹upravlenieopm@mail.ru✉

Abstract. It is known that the system of soil organic matter is a multicomponent structure with pronounced colloidal properties. Its most important constituents are humic and fulvic acids. Studies of humic acids are extensive and diverse, while little attention is paid to fulvic acids, although their role in the formation of soil fertility is significant. Fulvic acids do not have a definite chemical formula, their composition is very variable, and their structure can be different depending on the object of extraction (e.g. soil, water, coals, peat). The objective of research was to study the changes in the structure and acid-base properties of fulvic acid molecules under the influence of prolonged use of mineral and organic fertilizers, as well as liming. The work was performed in the conditions of long-term stationary experiment of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology of Voronezh State

Agrarian University. Isolated and purified preparations of fulvic acids were analyzed by various methods. It was found that the use of manure and defecation mud leads to an increase in the content of phenolic hydroxyls with pK 10 in the composition of FA molecules. In addition, these humus components are characterized by a large set of functional groups of different strength (pK). According to UV spectroscopy data, it was revealed that FA molecules in the variant with a double dose of mineral fertilizers on the background of manure were distinguished by a well-developed aliphatic component and had many auxochromic substituents. FA molecules in the variant with joint application of fertilizers and ameliorant had a more complex structure of the nuclear and peripheral components. The application of defecation mud leads to a certain increase in the content of carboxyl groups, possibly side chains of molecules. In all experimental variants a high condensation of nuclear structures is noted. The authors have found that the applied agrotechnical practices transformed the quantitative composition of FA molecules, primarily their aliphatic component.

Key words: fulvic acids, fertilizers, ameliorant, titration, spectroscopy, soil fertility

For citation: Gasanova E.S., Myazin N.G., Stekolnikov K.E., Lutsenko R.N., Malyavskaya A.V. Effect of fertilizers and ameliorant on the composition and properties of fulvic acids of leached chernozem. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2021;14(4):75-85. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_75-85.

Введение
Сохранение почвенного плодородия в XXI веке в условиях возрастающей антропогенной нагрузки на экосистемы приобретает особое значение. Одним из важнейших компонентов, обеспечивающих буферность экосистем, является органическое вещество почв, состоящее из различных гумусовых кислот. Фульвокислоты (ФК) представляют собой природные высокомолекулярные водорастворимые полимеры, которые являются важнейшим компонентом гумусовых кислот и характеризуются как фракция желто-коричневого цвета. ФК образуются в результате микробиологического разложения растительных остатков в результате деструкции гуминовых кислот, а также в ходе вторичных реакций синтеза [8]. Это сложные вещества гипотетического строения и переменного состава, которые содержат более 70 химических элементов, фрагменты аминокислот, сахаров, пептидов, нуклеиновых кислот, фитохимические соединения, витамины и фрагменты ДНК растений. Кроме того, ФК включает огромное количество супернасыщенных антиоксидантов, акцепторов свободных радикалов, супероксиддисмутаз, ферментов, гормонов, натуральных антибиотиков, антитвирусов и фунгицидов.

Большинство ФК находятся в ионной форме в виде фульватов, обладают высокой электропроводностью, улучшают адсорбцию других соединений, с которыми они взаимодействуют. Кроме того, ФК увеличивают биодоступность многих минеральных веществ, необходимых для питания растений. Они относятся к наиболее реакционно-способному классу природных соединений благодаря высокому содержанию различных функциональных групп (карбоксильных, карбонильных, гидроксильных, фенольных и других). ФК могут образовывать хелатные комплексы с моно- и двухвалентными катионами металлов. Вследствие относительно низкой молекулярной массы и высокой поглощательной способности они могут транспортировать элементы питания к растительным клеткам корня, стебля и листьев и участвовать в углеводном обмене [2]. Также ФК обладают высокой антиоксидантной активностью из-за их способности взаимодействовать со свободными электронами.

Исследования [10] показывают, что дополнительное внесение в почву ФК улучшило физические и химические свойства, а также увеличило параметры роста растений и потребление ими питательных веществ из почвенного раствора [3].

Результаты многочисленных исследований показывают, что ФК в основном содержат три типа заместителей бензольного кольца, эфирные связи, водородные связи, карбонильные группы, гидроксильные группы, карбоксильные группы, фенольные гидроксильные группы и семихинонильные группы [5]. Одна из гипотетических моделей строения представлена на рисунке 1.

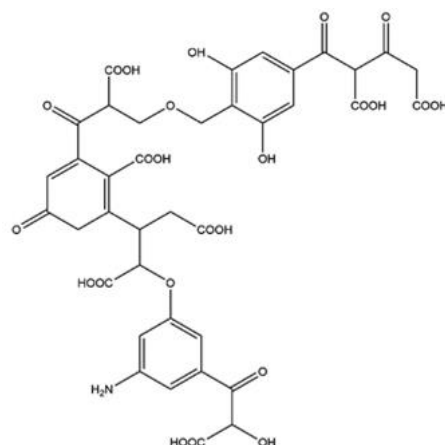


Рис. 1. Модель строения ФК [10]

На основе проведенного обзора литературных источников было установлено, что ФК – это самый сильный природный электролит, который способен потенцировать и усиливать полезные эффекты любых веществ, с которыми он может взаимодействовать. Однако в современной российской литературе вопросам строения и свойств ФК уделяется очень мало внимания. По мнению многих ученых [9], наличие ФК в почве является следствием развития в почвах подзолистого процесса и рассматривается как фактор, отрицательно влияющий на плодородие почв. Поэтому данная работа, направленная на исследование особенностей молекулярного строения ФК в условиях интенсивного антропогенного воздействия, является актуальной.

Целью являлось изучение трансформации молекул ФК под воздействием многолетнего применения минеральных и органических удобрений, а также известкования.

Методика эксперимента

Исследовались почвы стационара кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ.

Использовались следующие варианты удобрённости:

- контроль;
- фон – 20 т/га навоза;
- фон + N60P60K60;
- фон + N120P120K120;
- фон + N60P60K60 + дефека́т;
- фон + дефека́т;
- N60P60K60 + дефека́т.

Детальная характеристика почвенного покрова изучаемого стационара представлена в статье [1]. Были изучены ФК, экстрагированные из почвы слоя 0–20 см пиррофосфатным методом. Кислотно-основные свойства ФК исследовались с помощью потенциометрического титрования (масса навески составила 0,1 г) [7] с построением интегральных и дифференциальных кривых. Точки начала титрования определялись по методу Грана. Константы диссоциации рассчитывались по уравнению Гендерсона-Хассельбаха. Содержание функциональных групп определяли по максимумам на дифференциальных кривых. УФ- и видимые спектры водных растворов ФК снимались на спектрофлуориметре соответственно в диапазоне 200–400 нм и 400–800 нм. ИК-спектры препаратов исследовались на приборе ИК фурье-спектрометр в интервале 600–4000 см⁻¹. Для определения относительного содержания функциональных групп был использован метод базовой линии [6].

Результаты и их обсуждение

Интегральные кривые титрования изучаемых вариантов ФК представлены на рисунке 2. На кривых титрования отмечаются скачки и перегибы, которые свидетельствуют о наличии в изучаемых молекулах протондонорных функциональных групп.

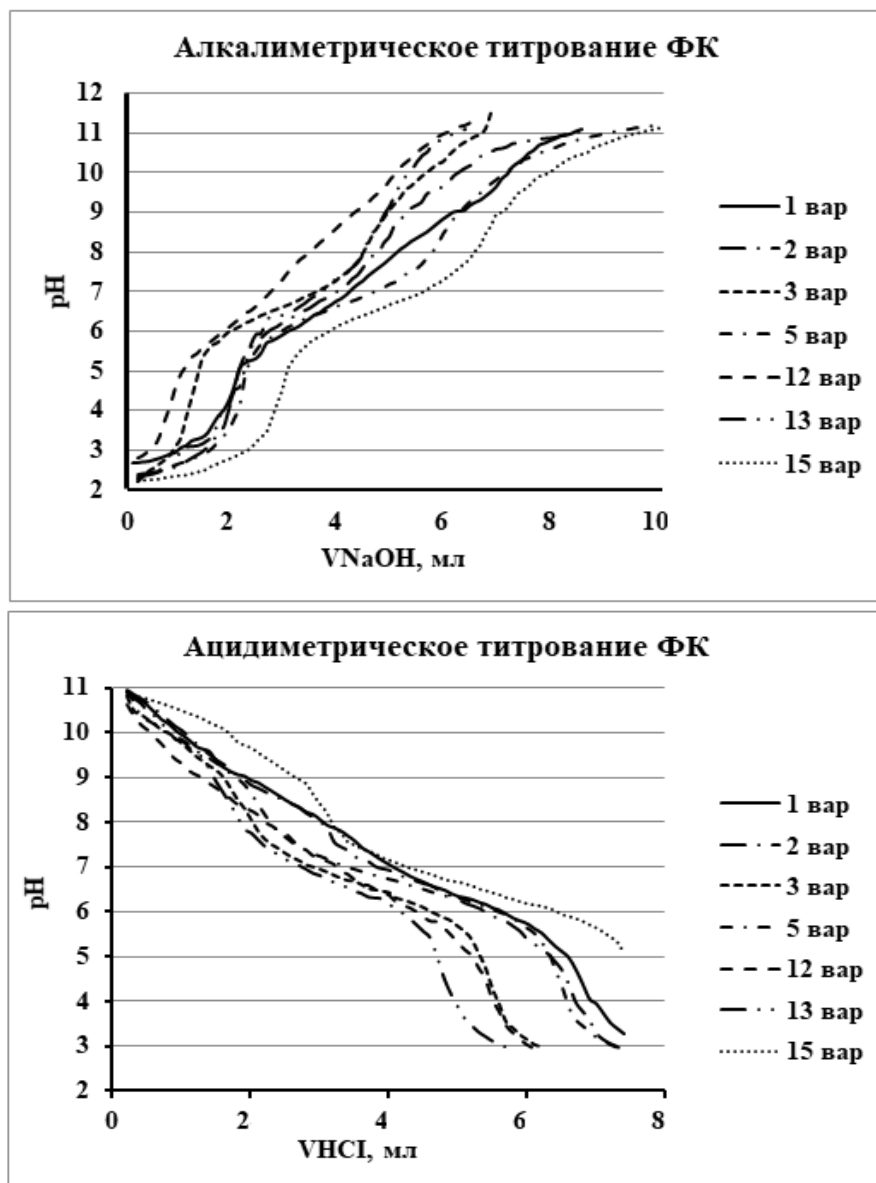


Рис. 2. Интегральные кривые титрования изучаемых вариантов ФК:
1 – контроль, 2 – 40 т/га навоза – фон, 3 – фон + N60P60K60, 5 – фон + N120P120K120,
12 – фон + N60P60K60 + дефекат, 13 – фон + дефекат, 15 – N60P60K60 + дефекат

В таблице 1 показаны результаты расчета отрицательного десятичного логарифма констант диссоциации и содержания функциональных групп.

Установлено, что общее содержание карбоксильных групп максимально на контрольном варианте – 6,85 моль/г, минимально на варианте 12 (комплексное внесение удобрений и мелиоранта) – 4,25 моль/г. Набор функциональных групп на каждом варианте опыта различен. Отмечается большая дифференциация по рК по сравнению с молекулами гуминовых кислот. Кроме рассмотренных в работе [6], выделяются слабодиссоциированные функциональные группы с рК 7,65–8,65, возможно, связанные с присутствием в составе молекул белковых фрагментов (гидроксиламин рК = 8,05, изохинолин рК = 8,62).

Таблица 1. Содержание функциональных групп и их силовые показатели

Вариант	рК		Содержание функциональных групп, моль/г				
	карбоксилов	групп, определенных ацидиметрией	карбоксилов	всех карбоксилов	групп, определенных ацидиметрией	всех групп, определенных ацидиметрией	общее
1	3,10 5,25 7,65	9,63 8,55 6,29	1,95 0,5 4,4	6,85	1,15 2,2 3,3	6,65	13,5
2	2,51 6,65	9,25 6,40 3,80	1,85 2,9	4,75	2,95 3,40 0,40	6,75	11,5
3	2,65 6,55	9,75 6,55	0,85 3,5	4,35	1,60 3,65	5,25	9,6
5	2,70 6,67	9,69 6,6	1,95 3,7	5,65	1,85 4,5	6,35	12
12	3,09 6,15 8,65	9,30 7,30	0,65 2,20 1,80	4,65	3,25 2,00	5,25	9,9
13	2,45 3,36 6,75	10,04 6,77	0,75 1,30 2,20	4,25	1,20 3,35	4,55	8,8
15	2,55 6,59	9,90 6,45	2,75 3,7	6,45	2,95 4,60	7,55	14

На рисунке 3 показаны результаты определения содержания предположительно фенольных гидроксидов в составе молекул ФК (рК = 9,25–10,04.)

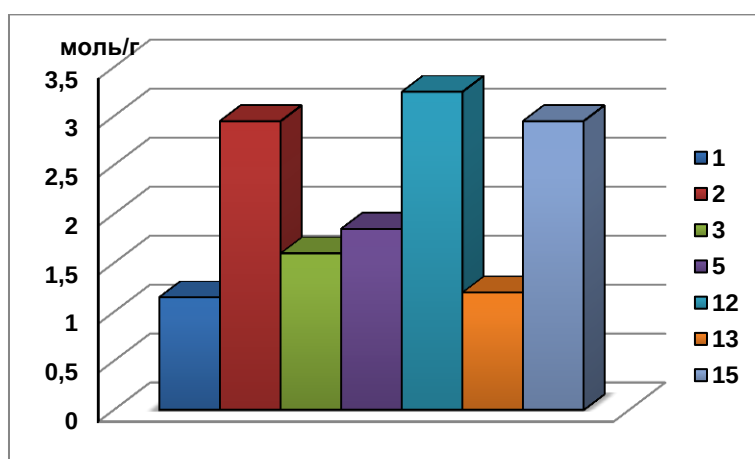


Рис. 3. Содержание фенольных гидроксидов в молекулах ФК различных вариантов: 1 – контроль, 2 – 40 т/га навоза – фон, 3 – фон + N60P60K60, 5 – фон + N120P120K120, 12 – фон + N60P60K60 + дефекат, 13 – фон + дефекат, 15 – N60P60K60 + дефекат

Установлено, что высокое содержание групп с рК около 10 отмечается на фоновом варианте, а также на вариантах комплексного внесения удобрений и мелиоранта (вариант 12) и использования минеральных удобрений по известкованному фону (вариант 13). Наименьшее значение характерно для контрольного варианта.

При титровании препаратов ФК определены большие вариации рК изучаемых фрагментов (рК 2,5–3,0; 3,0–3,5; 5,25; 6,0–7,0; 7,65–8,65). Возможно, это связано с тем, что молекулы ФК характеризуются меньшей молекулярной массой и при титровании отсутствуют пространственные трудности сложной конфигурации молекул, как в случае с ГК. Содержание данных групп в молекулах ФК колеблется в широких пределах – 4,35–6,85.

На рисунке 4 представлены УФ-спектры ФК анализируемых вариантов. Для уточнения положения максимумов проведен расчет по методу первой производной.

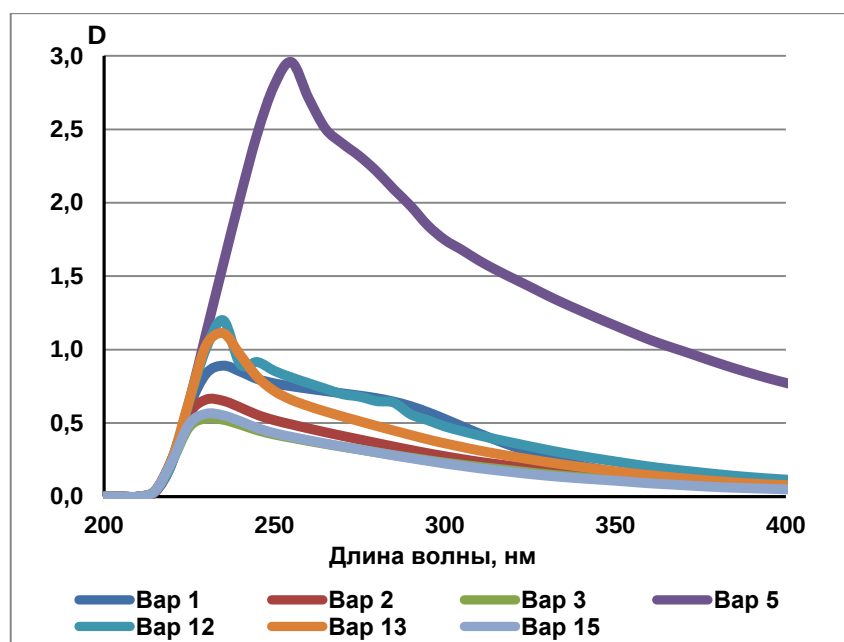


Рис. 4. УФ-спектры ФК анализируемых вариантов:
1 – контроль, 2 – 40 т/га навоза – фон, 3 – фон + N60P60K60, 5 – фон + N120P120K120,
12 – фон + N60P60K60 + дефекат, 13 – фон + дефекат, 15 – N60P60K60 + дефекат

Выявлено, что электронный спектр ФК контрольного варианта характеризуется максимумом при 235 нм и перегибом при 280 нм. Ход УФ-спектров ФК фонового варианта, а также вариантов с применением одинарной дозы минеральных удобрений на фоне навоза (3 вариант) и с использованием минеральных удобрений совместно с кальциевым мелиорантом идентичен. Стоит отметить, что при 230 нм происходит увеличение оптической плотности. В длинноволновой области спектра выявлен пологий ход кривых.

ФК варианта с внесением двойной дозы минеральных удобрений по органическому фону (5 вариант) имеют резко отличающийся вид электронного спектра. Обращает на себя внимание батохромный сдвиг максимума до 255 нм, выделяется перегиб в области 280 нм, кроме того, прослеживается резкое увеличение оптической плотности раствора до $D_{255} = 3$ (гиперхромный эффект). Спектр ФК варианта с совместным использованием минеральных, органических удобрений и дефеката (12 вариант) имеет сложную структуру. Он характеризуется присутствием максимумов при 235, 250 нм, а также перегибом при 280 нм. Спектр ФК дефекатированного варианта (13) имеет стандартный ход кривой с максимумом в области 235 нм при величине оптической плотности 1,112; в батохромной области пиков не наблюдается.

На основании проведенного анализа можно предположить, что молекулы ФК варианта с двойной дозой минеральных удобрений на фоне навоза (вариант 5) отличаются развитой алифатической частью, имеют множество аухсохромных заместителей. Молекулы ФК варианта с совместным внесением удобрений и мелиоранта имеют более сложную структуру строения ядерной и периферической части.

Видимый диапазон длин волн многими авторами не рассматривается для исследования структуры гумусовых кислот, так как считается не информативным. Тем не менее на основании анализа спектра гумусовых кислот в диапазоне 400–800 нм можно рассчитать несколько важнейших характеристик молекул.

На рисунке 5 представлены спектры препаратов фульвокислот в видимом диапазоне длин волн. Плавно снижающийся ход кривых в диапазоне 400–800 нм соответствует известным литературным данным [5]. Перегибов и максимумов не отмечается. Для анализа данной области предлагается использовать коэффициент экстинкции E465/E650. Ригобелло с соавт. [9] отмечали, что на соотношение E4/E6 влияют размер молекулы, рН окружающей среды, уровни кислорода, углерода и карбоксильных групп, а также возраст гуминового материала. Это механизм образования гуминовых веществ, который, согласно Стивенсону [8], происходит по трем вариантам:

а) микробиологическая активность высвобождает азотсодержащие соединения, которые вступают в реакцию с лигнинами;

б) окисление полифенольных соединений с образованием хинонов, которые являются конденсатами в реакциях с аминированными соединениями;

в) восстановление сахаров, которые реагируют с аминированными соединениями и превращаются в макрополимеры темного цвета и с высокой молекулярной массой.

Огромную роль в данных процессах играют различные ферменты, выделяемые почвенными микроорганизмами.

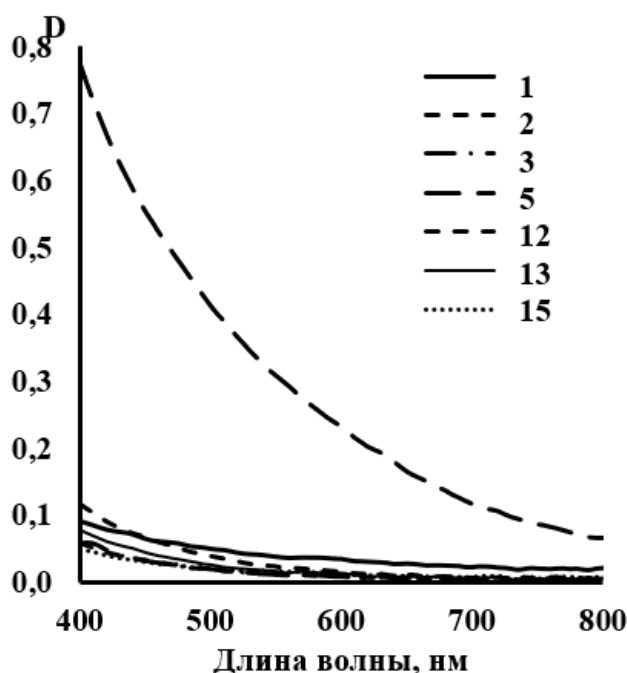


Рис. 5. Спектры анализируемых образцов ФК:
1 – контроль, 2 – 40 т/га навоза – фон, 3 – фон + N60P60K60, 5 – фон + N120P120K120,
12 – фон + N60P60K60 + дефекат, 13 – фон + дефекат, 15 – N60P60K60 + дефекат

Для детального изучения сравнительного содержания ядерной и периферической частей молекул гумусовых веществ применяется коэффициент цветности $E4/E6$. Результаты расчетов представлены в виде диаграмм (рис. 6). Наибольшие значения $E4/E6$, рассчитанные для молекул ФК, отмечаются на фоновом (2) и известкованных (12, 13) вариантах – соответственно 5,11; 4,94; 4,45. Минимальные показатели характерны для ФК контрольного варианта (2,19) и варианта с использованием двойной дозы минеральных удобрений (3,07). Подобные особенности можно объяснить следующим. На фоновом и мелиорируемых вариантах при фракционном разделении гумуса во фракцию ФК переходят молекулы с преобладанием алифатических структур. На контрольном варианте и варианте с высокой дозой NPK в анализируемом растворе содержатся более конденсированные молекулы.

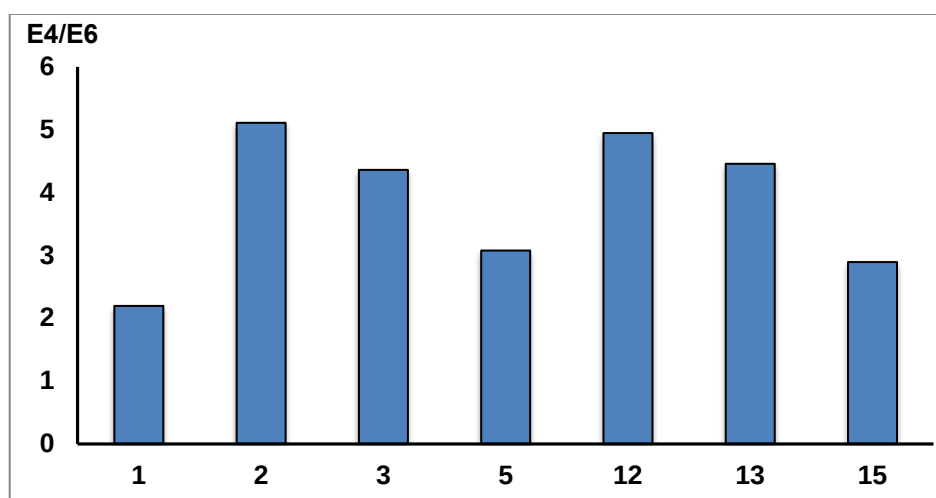


Рис. 6. Коэффициенты экстинкции изучаемых вариантов ФК:

1 – контроль, 2 – 40 т/га навоза – фон, 3 – фон + N60P60K60, 5 – фон + N120P120K120, 12 – фон + N60P60K60 + дефекат, 13 – фон + дефекат, 15 – N60P60K60 + дефекат

При анализе коэффициента экстинкции ФК отмечается большой разброс данных (2,19–5,11). Это говорит о большей мобильности молекулярной структуры ФК. Применяемые агротехнические приемы приводят к значительным изменениям в молекулах ФК. Указанная закономерность подтверждается рассчитанными нами коэффициентами цветности по Залфелду, которые характеризуются широким диапазоном значений.

Таблица 2. Коэффициенты цветности по Залфелду для препаратов ФК

Вариант	1	2	3	5	12	13	15
E400/E500	1,84	3,02	2,95	2,96	2,30	3,00	2,34
E500/E600	1,44	2,16	2,31	2,40	1,63	1,94	1,76
E600/E700	1,56	2,66	1,90	2,27	1,34	2,45	1,78

На основе проведенного ИК-спектроскопического исследования было установлено, что все спектры характеризуются одинаковым набором характеристических полос, присущих данному классу органических соединений [3, 4]. Интенсивность данных максимумов, рассчитанная по методу базовой линии, для каждого изучаемого варианта различна. Произведена количественная оценка содержания функциональных групп на основании расчета отношений оптической плотности полос поглощения кислородсодержащих

групп к оптическим плотностям, присущим бензольным системам при 1610 см^{-1} , и периферическим алифатическим заместителям при 2920 см^{-1} . Результаты расчетов показаны в таблице 3.

Таблица 3. Соотношение оптических плотностей полос поглощения при определенных длинах волн по данным ИК-спектроскопии

Соотношение оптических плотностей	Значения вариантов						
	1	2	3	5	12	13	15
$A_{\text{О-Н}3400} / A_{\text{С=С}1610}$	2,571	2,700	2,000	2,222	3,090	2,250	2,222
$A_{\text{С=О}1720} / A_{\text{С=С}1610}$	0,857	0,600	0,625	0,889	1,364	1,125	0,889
$A_{\text{С-О}1225} / A_{\text{С=С}1610}$	2,571	1,500	1,000	2,111	2,182	2,250	1,222
$A_{\text{С-О и С-О-С}1035} / A_{\text{С=С}1610}$	6,000	3,600	3,250	4,000	4,364	4,875	4,000
$A_{\text{Салк}2920} / A_{\text{С=С}1610}$	2,286	1,900	1,500	1,222	2,454	2,125	2,222
$A_{\text{О-Н}3400} / A_{\text{Салк}2920}$	0,937	1,421	1,330	1,818	1,259	1,059	1,000
$A_{\text{С=О}1720} / A_{\text{Салк}2920}$	0,375	0,316	0,417	0,727	0,556	0,529	0,400
$A_{\text{С-О}1225} / A_{\text{Салк}2920}$	1,125	0,789	0,667	1,727	0,889	1,059	0,550
$A_{\text{С-О}1035} / A_{\text{Салк}2920}$	2,625	1,895	2,167	3,273	1,778	2,294	1,800

Важнейшими кислородсодержащими функциональными группами в составе гумусовых кислот являются гидроксильные ($\nu_{\text{ОН}} 3400\text{--}3300\text{ см}^{-1}$, $\nu_{\text{С-О}} 1150\text{--}1000\text{ см}^{-1}$), карбоксильные и их производные ($\nu_{\text{С=О}} 1725\text{--}1700$ и $\nu_{\text{С-О}} 1260\text{--}1225\text{ см}^{-1}$) и простые эфирные группы ($\nu_{\text{С-О-С}} 1050\text{--}1035\text{ см}^{-1}$). Выявлено, что ароматические фрагменты преобладают над алкильными, гидроксильными и спиртовыми группами на всех вариантах опыта. Однако карбоксильные группы при алифатических участках молекул на известкованных, унавоженных вариантах (варианты 12 и 13) превосходят по своему содержанию ароматические.

Также установлено доминирование карбоксильных групп над алкильными заместителями $A_{\text{С=О}1720} / A_{\text{Салк}2920}$ на всех вариантах опыта, что свидетельствует о преобладании всех типов кислородсодержащих групп над алифатическими С-Н связями.

По данным ИК-спектроскопии установлено, что используемые удобрения и известкование вызывают трансформацию количественного состава ФК при сохранении качественного набора функциональных групп. Внесение мелиоранта привело к некоторому увеличению содержания карбоксильных групп, возможно, боковых цепей молекул. На всех вариантах опыта отмечается высокая конденсированность ядерных структур.

Выводы

На основании анализа кривых потенциометрического титрования установлено, что молекулы ФК содержат большой набор разных по силе функциональных групп. Это могут быть карбоксильные группы одно- и двухосновных предельных и непредельных карбоновых кислот, различные производные бензола и фенола, фрагменты пептидных соединений. Содержание данных групп в молекулах ФК колеблется в широких пределах – 4,35–6,85. Максимальное содержание групп с рК около 10 отмечается на фоновом варианте, а также на вариантах комплексного внесения удобрений и мелиоранта и использования минеральных удобрений по известкованному фону. Наименьшее значение характерно для контрольного варианта.

УФ-спектроскопия анализируемых вариантов выявила, что молекулы ФК варианта с внесением двойной дозы минеральных удобрений по органическому фону имеют резко отличающийся вид электронного спектра. Отмечается батохромный сдвиг и ги-

перхромный эффект характеристического пика при 255 нм. Сложный характер спектра отмечается для варианта с комплексным применением удобрений и известкования.

Для анализа видимой области спектра были рассчитаны коэффициенты цветности для всех изучаемых вариантов опыта, которые характеризуются большим диапазоном значений, что свидетельствует о динамичном составе выделяемых молекул ФК.

При изучении ИК-спектров установлено, что молекулы ФК всех анализируемых вариантов имеют примерно одинаковый набор функциональных групп, но количественное соотношение изменяется в зависимости от применяемого агротехнического приема. Карбоксильные группы при алифатических участках молекул на известкованных, унавоженных вариантах превосходят по своему содержанию ароматические. Также установлено доминирование карбоксильных групп над алкильными заместителями $AS = O1720 / AS_{alk}2920$ на всех вариантах опыта, что свидетельствует о преобладании всех типов кислородсодержащих групп над алифатическими C-H связями.

Таким образом, установлено, что систематическое длительное применение минеральных и органических удобрений, а также известкование вызывают достаточно сильные изменения в молекулярной структуре и кислотно-основных свойствах молекул ФК.

Список источников

1. Гасанова Е.С., Кожокина А.Н., Мязин Н.Г. и др. Изменение содержания и строения гуминовых кислот чернозема выщелоченного под влиянием удобрений и дефекаата // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т. 12, № 4(63). С. 113–122.
2. Дину М.И. Сравнение комплексообразующих способностей фульвокислот и гуминовых кислот в водной среде с ионами железа и цинка // Водные ресурсы. 2010. Т. 37, № 1. С. 65–69.
3. Коноплева М.Н. Использование фульвокислот для фиторемедиации почв // Экология и рациональное природопользование агропромышленных регионов: Сборник докладов III Международной молодежной научной конференции. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2015. С. 230–234.
4. Кудеярова А.Ю. Электронная спектроскопия как метод изучения влияния анионов минеральных кислот и удобрений на структурные характеристики гумусовых кислот // Агрохимия. 2007. № 11. С. 71–84.
5. Ненахов Д.В., Гасанова Е.С., Котов В.В. и др. Спектроскопическое исследование состава фульвокислот чернозема выщелоченного // Сорбционные и хроматографические процессы. 2009. Т. 9, № 5. С. 659–664.
6. Славинская Г.В. Константы ионизации фульвокислот // Почвоведение. 2004. № 1. С. 68–70.
7. Пилипко Е.Н. Сравнительная характеристика динамики компонентов органического вещества в почвах // Научное обозрение. 2015. № 1. С. 33–37.
8. Alvarez-Puebla R.A., Valenzuela-Calahorra C., Garrido J.J. Theoretical study on fulvic acid structure, conformation and aggregation. A molecular modelling approach // Science of the Total Environment. 2006. Vol. 358(1-3). P. 243–254. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2004.11.026.
9. Ma X., Green S.A. Fractionation and spectroscopic properties of fulvic acid and its extract // Chemosphere. 2008. Vol. 72(10). P. 1425–1434. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2008.05.029.
10. Shi K.Y., Tao X.X., Li Z., et al. Study of Construction of Fushun Coal Macromolecule Structural Model by Infrared Spectroscopy // Polymer Bulletin. 2013. Vol. 3. P. 61–66.

References

1. Gasanova E.S., Kozhokina A.N., Myazin N.G., et al. Izmeneniye soderzhaniya i stroeniya guminovykh kislot chernozema vyshchelochennogo pod vliyaniyem udobreniy i defekata [Changes in the content and structure of humic acids in leached chernozem under the effect of fertilizers and defecate]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2019;12(4):113-122. DOI: 10.17238/issn2071-2243. (In Russ.).
2. Dinu M.I. Sravnenie kompleksoobrazuyushchikh sposobnostey ful'vokislot i guminovykh kislot v vodnoy srede s ionami zheleza i tsinka [Comparison of the complexing ability of fulvic and humic acids in the aquatic environment with iron and zinc ions]. *Vodnyye resursy = Water Resources*. 2010;37(1):65-69. (In Russ.).

3. Konopleva M.N. Ispol'zovanie ful'vokislot dlya fitoremediatsii pochv [The use of fulvic acids for phytoremediation of soils]. *Ekologiya i ratsional'noye prirodopol'zovanie agropromyshlennykh regionov: Sbornik dokladov III Mezhdunarodnoj molodezhnoj nauchnoj konferentsii*. Belgorod: Belgorodskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskij universitet im. V.G. Shukho = Ecology and rational nature management of agro-industrial regions: Collection of reports of the III International Youth Scientific Conference. Belgorod: Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. 2015:230-234. (In Russ.).
4. Kudayarova A.Yu. Elektronnaya spektroskopiya kak metod izucheniya vliyaniya anionov mineral'nykh kislot i udobrenij na strukturnye kharakteristiki gumusovykh kislot [Electron spectroscopy for studying the effect of mineral acids anions and fertilizers on the structural parameters of humus acids]. *Agrokimiya = Agricultural Chemistry*. 2007;(11):71-84. (In Russ.).
5. Nenakhov D.V., Gasanova E.S., Kotov V.V., et al. Spektroskopicheskoe issledovanie sostava ful'vokislot chernozema vyshchelochennogo [Spectroscopic research of the leached chernozem fulvic acids content]. *Sorbtsionnye i khromatograficheskie protsessy = Sorption and Chromatography Processes*. 2009;9(5):659-664. (In Russ.).
6. Slavinskaya G.V. Konstanty ionizatsii ful'vokislot [Ionization constants of fulvic acids]. *Pochvovedenie = Eurasian Soil Science*. 2004;(1):68-70. (In Russ.).
7. Pilipko E.N. Sravnitel'naya kharakteristika dinamiki komponentov organicheskogo veshchestva v pochvakh [Comparative characteristics of the dynamics of organic matter components in soils]. *Nauchnoye obozrenie = Scientific Review*. 2015;(1):33-37. (In Russ.).
8. Alvarez-Puebla R.A., Valenzuela-Calahorra C., Garrido J.J. Theoretical study on fulvic acid structure, conformation and aggregation. A molecular modelling approach. *Science of the Total Environment*. 2006;358(1-3):243-254. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2004.11.026.
9. Ma X., Green S.A. Fractionation and spectroscopic properties of fulvic acid and its extract. *Chemosphere*. 2008;72(10):1425-1434. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2008.05.029.
10. Shi K.Y., Tao X.X., Li Z., et al. Study of Construction of Fushun Coal Macromolecule Structural Model by Infrared Spectroscopy. *Polymer Bulletin*. 2013;(3):61-66.

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», upravlenieorm@mail.ru.

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

Р.Н. Луценко – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», rlutsenko@list.ru.

А.В. Малявская – магистрант кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», angelina.malyavskaya@mail.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, upravlenieorm@mail.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, agroхими@agronomy.vsau.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.

R.N. Lutsenko, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, rlutsenko@list.ru.

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

Статья поступила в редакцию 02.10.2021; одобрена после рецензирования 24.11.2021; принята к публикации 26.12.2021.

The article was submitted 02.10.2021; approved after revision 24.11.2021; accepted for publication 26.12.2021.

© Гасанова Е.С., Мязин Н.Г., Стекольников К.Е., Луценко Р.Н., Малявская А.В., 2021

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО (СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 633.253:633.367

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2021_4_86

Оценка продуктивности одновидовых и бинарных посевов с люпином для органического земледелия

Дмитрий Николаевич Ступницкий¹, Валентина Леонидовна Бопп^{2✉},
Наталья Александровна Мистратова³

^{1, 2, 3}Красноярский государственный аграрный университет, г. Красноярск, Россия

²vl_kolesnikova@mail.ru✉

Аннотация. Представлены результаты оценки продуктивности зеленой массы люпина и овса, возделываемых по технологии органического земледелия в одновидовом и смешанном посевах в условиях Красноярского края. Полевые исследования проведены в 2019–2021 гг. Варианты опыта: 1 – люпин (сорт Брянский кормовой), 2 – овес (сорт Сиг), 3 – люпин + овес. Почвенный покров опытного поля представлен комплексом черноземов выщелоченных и обыкновенных. Посев проводили 15–20 мая. Нормы высева люпина в одновидовом посеве – 1,3 млн всхожих зерен/га, овса – 4,0 млн всхожих зерен/га. В бинарном посеве соотношение компонентов смеси – по 50% от рекомендуемой нормы высева. В соответствии с требованиями органического земледелия минеральные удобрения и пестициды не применялись. Учет урожайности зеленой массы проведен в фазе блестящих бобов люпина. Программа эксперимента включала однофакторный опыт по изучению продуктивности и питательной ценности зеленой массы культур. В среднем за период наблюдений урожайность зеленой массы люпина составила 7,3 т/га, овса – 30,7, люпино-овсяной смеси – 33,6 т/га. Для развития конкуренции со стороны овса – культуры-компаньона в бинарном посеве доля люпина составляла 6,2–20,7% в зависимости от сложившихся погодных условий. Максимальный выход белка с гектара получен в 2021 г. в смешанном посеве – 3416 кг. Также на этом варианте зафиксирован максимальный выход обменной энергии и кормовых единиц. За счет максимальной продуктивности и отсутствия затрат на приобретение и внесение пестицидов и агрохимикатов на варианте люпин + овес отмечена наиболее высокая рентабельность – 435,7%. Таким образом, бинарные люпино-овсяные посевы перспективны для технологии органического земледелия.

Ключевые слова: люпин узколистный, овес, зеленая масса, урожайность, одновидовые посевы, бинарные посевы, смешанные посевы

Для цитирования: Ступницкий Д.Н., Бопп В.Л., Мистратова Н.А. Оценка продуктивности одновидовых и бинарных посевов с люпином для органического земледелия // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14, № 4(71). С. 86–92. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_86–92.

GENERAL SOIL MANAGEMENT, CROP SCIENCE (AGRICULTURAL SCIENCES)

Original article

Estimation of harvest of a single-crop and binary sowings with lupine for organic farming

Dmitriy N. Stupnitskiy¹, Valentina L. Bopp^{2✉}, Nataliya A. Mistratova³

^{1, 2, 3}Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

²vl_kolesnikova@mail.ru✉

Abstract. The authors present the results of assessing the productivity of green mass of lupine and oat cultivated according to the technology of organic farming in single-crop and mixed sowings in the conditions of Krasnoyarsk Krai. Field studies were performed in 2019–2021. Experimental variants were as follows: 1 – lupine (Bryanskiy fodder variety); 2 – oat (Sig variety); 3 – lupine + oat. Soil cover of the experimental field was represented by a complex of leached and ordinary chernozems. Sowing was carried out on May, 15–20. The sowing rate in single-crop sowings was 1.3 million germinable seeds/ha for lupine and 4.0 million germinable seeds/ha for oat. In binary sowings the ratio of mixture components was 50% of the recommended sowing rate. In accordance with the requirements of organic farming, mineral fertilizers and pesticides were not used. The yield of green mass was recorded in the phase of shiny beans of lupine. The experimental program included a one-factor experiment to study the productivity and nutritional value of green mass of crops. During the observation period the average yield of green mass was 7.3 t/ha for lupine, 30.7 t/ha for oat, and 33.6 t/ha for lupine-oat mixture. In order to develop competition from oat as a companion crop in binary sowing, the proportion of lupine was 6.2–20.7% depending on the prevailing weather conditions. The maximum protein yield of 3,416 kg per hectare was obtained in 2021 in mixed sowing. Also this variant had the maximum yield of exchangeable energy and feed units. Due to the maximum productivity and the absence of costs for the purchase and application of pesticides and

agrochemicals, the lupine + oat variant showed the highest profitability of 435.7%. Thus, binary lupine-oat crops are promising for the organic farming technology.

Key words: blue lupine, oat, green mass, yield, single-crop sowings, binary sowings, mixed sowings

For citation: Stupnitskiy D.N., Bopp V.L., Mistratova N.A. Estimation of harvest of a single-crop and binary sowings with lupine for organic farming. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2021;14(4):86-92. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_86-92.

Введение

Органическое земледелие, предусматривающее в технологии возделывания сельскохозяйственных культур исключение использования химических средств защиты растений, регуляторов роста и синтезированных минеральных удобрений, в настоящее время является мировым трендом, объемы производства продукции органического земледелия в мировом масштабе демонстрируют устойчивый рост [5].

В нашей стране имеются возможности для развития органического земледелия: большие территории пахотных земель; малые количества применения пестицидов и агрохимикатов по сравнению с развитыми странами [10]. Однако среди государств, развивающих органическое земледелие, Россия занимает одно из последних мест: доля площадей, отведенных под органическое производство, от всех сельскохозяйственных угодий составляет 0,006% [12].

На наш взгляд, одна из причин очень низких темпов внедрения данной альтернативной системы земледелия заключается в отсутствии соответствующих надежных технологий, адаптированных к региональным условиям, с возможностью широкого тиражирования. Необходимо расширять исследовательские работы по развитию органического земледелия.

Одним из направлений повышения урожаев и улучшения качества растительной продукции является использование в севообороте смешанных посевов [1], применение которых позволяет повышать потенциал пашни [2, 3]. В настоящее время для обеспечения животноводства качественной сенажной массой широко используются однолетние травы в одновидовых и бинарных посевах.

В системе органического земледелия существенная роль отводится севооборотам с бобовыми культурами [4]. Высокой продуктивностью обладают смешанные бобово-злаковые посевы, в которых одной из культур-компонентов являются горох, вика, пелюшка. Однако при выборе компонентов для бинарного посева необходимо учитывать тот факт, что стебли бобовых культур полегающие, поэтому в смешанном посеве злаковая культура должна иметь хорошую удерживающую способность. Увеличение доли бобового компонента и, как следствие, вегетативной массы в таких посевах приводит к угнетению развития злаковых культур, наблюдается ослабление и снижение значения последних как поддерживающей культуры. Подбор партнеров-компонентов в смешанных посевах необходимо проводить в учете сочетаемости их морфотипов для обеспечения сохранности продуктивных растений к уборке [17].

Для органического производства в бинарных посевах кормовых культур в качестве бобового компонента актуально изучить люпин узколистный (*Lupinus angustifolius* L.), который ценится за высокое содержание белка в зерне (до 40%) и в зеленой массе (до 20%), полноценный аминокислотный состав, нерастрескиваемость бобов при скашивании, не склонен к полеганию [13], при этом для Красноярского края является новой культурой.

Сочетание азотфиксирующей и фосфатмобилизующей способностей люпина узколистного позволяет выращивать его без применения минеральных удобрений при обеспечении сохранения почвенного плодородия [16], в совместных посевах со злаковыми культурами – без использования гербицидов [14]. Этими качествами люпина узколистного и обосновывается выбор культуры для технологии органического земледелия.

Цель исследования – провести оценку урожайности зеленоукосной массы люпина и овса без применения минеральных удобрений и пестицидов в одновидовом и смешанном посевах в условиях Красноярского края.

Материал и методика исследований

Полевые эксперименты проведены в 2020–2021 гг. в почвенно-климатических условиях Красноярского края.

Объектами исследования были выбраны люпин узколистый – сорт Брянский кормовой, овес посевной – сорт Сиг.

Сорт люпина Брянский кормовой получен во Всероссийском НИИ люпина. Относится к скороспелому биотипу, универсального направления использования в кормлении всех видов животных и птицы, имеет развитое боковое ветвление, устойчив к растрескиванию бобов, экологически пластичен, что подтверждает включение его в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации с 2017 г. по всем регионам страны [15].

Сорт овса Сиг создан в Сибирском НИИ кормов, относится к среднеспелому, среднезасухоустойчивому биотипу, универсального направления использования, отличается высоким качеством зерна.

Варианты опыта:

- 1 – люпин;
- 2 – овес;
- 3 – люпин + овес.

Площадь каждой учетной делянки составляла 80 м², повторность – трехкратная, размещение – систематическое.

Почвенный покров опытного поля представлен комплексом черноземов выщелоченных и обыкновенных мало- и среднемощных тяжелосуглинистого гранулометрического состава [11]. Предшественник в 2020 г. – горохо-овсяная смесь, в 2021 г. – чистый пар.

Обработки почвы включали: осеннюю зяблевую обработку на глубину 22 см, раннее весеннее боронование в 2 следа, предпосевную культивацию на глубину 6–8 см. Посев провели пневматической сеялкой ССПН – 1,6 на глубину 4 см 20 мая в 2020 г. и 15 мая в 2021 г. Норма высева люпина в одновидовом посеве – 1,3 млн всхожих семян/га, овса – 4,0 млн всхожих семян/га. В бинарной композиции соотношение компонентов смеси – по 50% от рекомендуемой нормы высева.

Погодные условия вегетационных периодов 2019–2021 гг. в целом были благоприятными для роста и развития сельскохозяйственных культур. В 2019 г. показатели теплообеспеченности июня соответствовали среднемноголетним значениям, отмечен дефицит влаги. В следующие два года наблюдений июнь характеризовался недобором тепла на фоне избытка осадков, в июле температура соответствовала среднемноголетним значениям, осадков выпало больше нормы, в августе – дефицит влаги при повышенных температурах воздуха (табл. 1), что сказалось на росте и развитии растений.

Учет урожайности зеленой массы производился в фазе блестящих бобов люпина методом пробного снопа с площади 1 м² в 10-кратной повторности. Биохимический анализ зеленой массы растений осуществлен по общепринятым методикам [6–9] в научно-исследовательском испытательном центре Красноярского ГАУ.

Таблица 1. Метеорологические показатели в годы наблюдений

Годы	Месяц				
	май	июнь	июль	август	сентябрь
Средняя температура воздуха, °С					
2019	8,6	17,1	17,5	17,2	9,4
2020	12,9	14,5	18,0	16,8	9,5
2021	9,4	14,9	18,8	16,6	8,5
Среднемноголетнее значение	9,2	16,8	18,3	15,5	9,0
Осадки, мм					
2019	21,5	42,8	101,4	63,9	61,2
2020	83,0	169,9	92,3	66,4	51,0
2021	36,6	97,0	79,0	57,9	35,0
Среднемноголетнее значение	49,9	67,4	75,8	84,2	55,4

Статистический анализ экспериментальных данных проводился с использованием пакета программ MS Excel.

Результаты и их обсуждение

Биологической особенностью люпина узколистного являются низкие темпы развития надземной части растений до фазы бутонизации [8], поэтому в безгербицидной технологии культура сильно угнетается сорной растительностью, что ведет к резкому снижению продуктивности. Скорость органогенеза овса гораздо выше, при достаточном влагообеспечении растения склонны к сильному кущению, что влечет за собой подавление сорного компонента в агроценозе.

Учет урожайности зеленой массы в 2019 г. показал, что люпин в одновидовом посеве существенно уступает продуктивности овса в чистом виде и люпино-овсяной смеси. Без применения гербицидов и минеральных удобрений вес зеленоукосной массы люпина составил 8,7 т/га (табл. 2). На величину урожайности существенное значение оказала слабая конкурентоспособность люпина к сорнякам.

Таблица 2. Урожайность зеленой массы в одновидовых и бинарном посевах

Варианты	Урожайность зеленой массы, т/га			
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Средняя за 3 года
Люпин	8,7	9,6	3,5	7,3
Овес	32,9	25,2	34,1	30,7
Люпин +овес	$\frac{5,2^*}{30,6}$	$\frac{6,1^*}{23,3}$	$\frac{2,2^*}{33,5}$	33,6
НСР ₀₅	2,7	4,2	1,6	

Примечание: * – числитель – люпин, знаменатель – овёс.

Продуктивность овсяного ценоза в 3,8 раза выше по отношению к люпину – 32,9 т/га. Сорт овса Сиг – зерноукосного направления, по листостеблевой массе и коэффициенту кущения превосходит сорта овса, предназначенные для производства зерна. Генетический потенциал сорта позволяет в условиях органического земледелия обеспечить высокий выход продукции.

На бинарных посевах люпино-овсяной смеси сформировалась максимальная урожайность зеленоукосной массы – 35,8 т/га, что превосходит урожайность люпина в чистом виде в 4,1 раза, а урожайность овса – на 8,8%.

В бинарном ценозе доля люпина составила 14,5%, а доля овса – 85,5% от общего веса зеленой массы.

Урожайность зеленой массы люпина в одновидовом посеве в 2020 г. несколько превысила уровень 2019 г. (на 0,9 т/га), а овса, наоборот, была ниже на 7,7 т/га. Смешанный посев люпина с овсом обеспечил максимальный урожай зеленоукосной массы – 29,4 т/га, где сегмент бобовой культуры зафиксирован на уровне 20,7%, злаковой – 79,3%.

В 2021 г. умеренные температуры июня на фоне достаточного влагообеспечения способствовали активному развитию сорного компонента люпинового агроценоза, что привело к зарастанию поля сорной растительностью и подавлению люпина. Анализ засоренности опытного участка показал, что доминирующими засорителями являются щирица жминдовидная (155 шт./м²), марь белая (166 шт./м²) и марь остистая (133 шт./м²). Урожайность зеленой массы люпина составила всего 3,5 т/га.

Гидротермический режим вегетационного периода способствовал лучшему развитию растений овса в одновидовом посеве, зеленоукосная масса овса составила 34,1 т/га, на 26,1% больше по отношению к предыдущему году исследований.

В смешанном посеве люпин + овес получен урожай зеленой массы 35,7 т/га, что выше показателя 2020 г. на 17,6%. При этом доля люпина в общей массе уменьшилась по сравнению с первым годом наблюдений и составила всего 6,2%. Во второй половине вегетации температура и осадки соответствовали многолетним наблюдениям, но в июле и августе установились повышенные ночные температуры, что способствовало бурному росту вегетативной массы овса. Это привело к подавлению развития люпина и явилось причиной дисбаланса в соотношении бобового и злакового компонентов в смешанном посеве.

В среднем за годы исследований наибольшая продуктивность посевов отмечена на варианте люпин + овес, урожайность зеленой массы составила 33,6 т/га, что в 4,6 раза выше по сравнению с одновидовым посевом люпина и на 8,6% больше по сравнению с посевом овса в чистом виде.

Смешанный посев, кроме более высокой урожайности, обеспечивает более сбалансированную по углеводно-белковому составу массу с аналогичной единицы площади (табл. 3). Низкий показатель урожайности зеленой массы люпина в смешанном посеве компенсируется высокой питательной ценностью данной культуры.

Таблица 3. Энергетическая ценность зеленой массы по вариантам опыта с единицы площади

Вариант	Выход белка с 1 га, кг		Выход ОЭ с 1 га, гДж		Выход КЕ с 1 га	
	2020 г.	2021г.	2020 г.	2021г.	2020 г.	2021г.
Люпин	1142	378	97,5	35,0	8064	2835
Овес	2142	3035	263,6	351,9	22428	29326
Люпин + овес	3263	3416	298,1	368,8	24402	30702

При возделывании изучаемых культур в чистом виде показатели выхода белка, обменной энергии и, соответственно, кормовых единиц с 1 га уступают аналогичным параметрам смешанного посева.

Максимальный выход белка с единицы площади зафиксирован на варианте люпин + овес в 2021 г. – 3416 кг. Люпино-злаковая композиция также обеспечила высокие параметры обменной энергии – 368,8 гДж и выход кормовых единиц – 30 702.

При существующем уровне затрат и цене реализации сенажной массы 3000 руб. за 1 т рентабельность производства люпино-овсяной смеси с соблюдением принципов органического земледелия составила 435,7%. Такой показатель достигнут за счет значительного увеличения урожайности зеленой массы – 33,6 т/га и отсутствия затрат на приобретение и внесение минеральных удобрений и пестицидов.

Таблица 4. Показатели экономической эффективности технологии возделывания

Показатели	Варианты		
	Люпин	Овес	Люпин + овес
Урожайность, т/га	7,3	30,7	33,6
Цена реализации за 1 т, руб.	4000	2000	3000
Выручено от реализации, руб.	29200,00	61400,00	100800,00
Затраты на 1 га, руб.	14487,8	14403,1	18832,1
Себестоимость 1 т, руб.	1984,6	469,2	560,5
Прибыль на 1 т, руб.	2015,4	1530,8	2439,5
Уровень рентабельности, %	101,6	326,3	435,7

Таким образом, данные полевого опыта по оценке продуктивности однолетних кормовых культур, возделываемых по технологии органического земледелия, показывают перспективность люпино-овсяных смешанных посевов, обеспечивающих более высокую урожайность зеленой массы, ее питательной ценности и рентабельности производства по сравнению с одновидовыми посевами люпина и овса.

Список источников

1. Баринов В.Н. Эффективность смешанных посевов с люпином в условиях Верхневолжья // *Агрохимический вестник*. 2008. № 4. С. 35–36.
2. Бопп В.Л., Кураченко Н.Л., Ступницкий Д.Н., Данилов М.Е. Оценка фитосанитарного состояния люпинового агроценоза в условиях Красноярской лесостепи // *Научно-практические аспекты развития АПК: материалы нац. науч. конф.*, Красноярск, 12 ноября 2020 г. Красноярск: Изд-во Красноярского гос. аграрного ун-та, 2020. С. 3–5.
3. Бопп В.Л., Ступницкий Д.Н., Данилов М.Е. Урожайность зеленой массы люпина в одновидовых и бинарных посевах // *Проблемы современной аграрной науки: материалы междунар. науч. конф.*, Красноярск, 15 октября 2020 г. Красноярск: Изд-во Красноярского гос. аграрного ун-та, 2020. С. 109–111.
4. Ван Мансвелт Я.Д., Темирбекова С.К. Органическое сельское хозяйство: принципы, опыт и перспективы // *Сельскохозяйственная биология*. 2017. Т. 52, № 3. С. 478–486.
5. Волков Л.Н. Органическое земледелие за рубежом и перспективы его развития в России // *АПК: экономика, управление*. 2010. № 3. С. 85–87.
6. ГОСТ ISO 6493-2015. Корма для животных. Определение содержания крахмала. Поляриметрический метод. Москва: Стандартинформ, 2020. 11 с.
7. ГОСТ 26226-95. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения сырой золы. Москва: Стандартинформ, 2020. 6 с.
8. ГОСТ 26176-2019. Корма, комбикорма. Методы определения растворимых и легкогидролизуемых углеводов. Москва: Стандартинформ, 2019. 12 с.
9. ГОСТ 31675-2012. Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации. Москва: Стандартинформ, 2020. 12 с.
10. Григорьян Б.Р., Кулагина В.И., Сунгатуллина Л.М. Органическое земледелие как путь экологизации человеческого мышления и человеческой деятельности // *Сборники конференций НИЦ Социосфера*. 2016. № 10. С. 22–23.
11. Кураченко Н.Л., Колесник А.А. Структура и запасы гумусовых веществ агрочернозема в условиях основной обработки почвы // *Вестник КрасГАУ*. 2017. № 9. С. 149–157.
12. Санин С.С. Органическое землепользование: фитосанитарные, экологические и экономические барьеры // *Защита и карантин растений*. 2019. № 1. С. 3–6.
13. Слесарева Т.Н., Лукашевич М.И. Люпин и некоторые вопросы технологии его возделывания // *Защита и карантин растений*. 2018. № 7. С. 12–16.
14. Сычев В.Г. Методические указания по оценке качества и питательности кормов. Москва: ЦИНАО, 2002. 36 с.
15. Такунов И.П., Слесарева Т.Н., Лукашевич М.И. Перспективная ресурсосберегающая технология производства люпина. Москва: ФГНУ «Росинформагротех», 2011. 76 с.
16. Такунов И.П., Слесарева Т.Н. Безгербицидная ресурсоэнергосберегающая технология возделывания люпина и злаковых культур в смешанных посевах. Брянск: Изд-во «Читай-город», 2007. 61 с.
17. Халипский А.Н., Ступницкий Д.Н., Гращенков Д.Н. Влияние густоты посева основной и поддерживающей культуры на формирование урожайности гороха и чечевицы в Красноярской лесостепи // *Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова*. 2009. № 3 (16). С. 120–123.

References

1. Barinov V.N. Effektivnost' smeshannykh posevov s lyupinom v usloviyakh Verhnevolzh'ya [Efficiency of mixed crops with lupine in the conditions of the Upper Volga region]. *Agrohimicheskij Vestnik = Agrochemical Bulletin*. 2008;(4):35-36. (In Russ.).
2. Bopp V.L., Kurachenko N.L., Stupnitskij D.N., Danilov M.E. Otsenka fitosanitarnogo sostoyaniya lyupinovogo agrotsenozha v usloviyakh Krasnoyarskoj lesostepi [Evaluation of the phytosanitary status of the lupine agroecosystem in the conditions of Krasnoyarsk forest-steppe]. *Nauchno-prakticheskie aspekty razvitiya APK: materialy natsional'noj nauchnoj konferentsii*. Krasnoyarsk, 15 oktyabrya 2020 = Scientific and practical aspects of agricultural development: Proceedings of the national scientific conference. Krasnoyarsk, November 12, 2020. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University Press. 2020:3-5. (In Russ.).
3. Bopp V.L., Stupnitskij D.N., Danilov M.E. Urozhajnost' zelenoj massy lyupina v odnovidovykh i binarnykh posevakh [Green mass lupine yield in a single and binary plantings]. *Problemy sovremennoj agrarnoj nauki: materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferentsii*. Krasnoyarsk, 15 oktyabrya 2020 = Problems of modern agricultural science: proceedings of international scientific conference. Krasnoyarsk, October 15, 2020. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University Press. 2020:109-111. (In Russ.).
4. Van Mansvelt Ya.D., Temirbekova S.K. Organicheskoe sel'skoe khozyajstvo: printsipy, opyt i perspektivy [Organic agriculture: principles, practices and perspectives]. *Sel'skokhozyajstvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2017;52(3):478-486. (In Russ.).

5. Volkov L.N. Organicheskoe zemledelie za rubezhom i perspektivy ego razvitiya v Rossii [Organic farming abroad and prospects for its development in Russia]. *APK: ekonomika, upravlenie = AIC: economics, management*. 2010;(3):85-87. (In Russ.).
6. GOST ISO 6493-2015. Korma dlya zhivotnykh. Opredelenie soderzhaniya krahmala. Polyarimetricheskij metod [Animal feeding stuffs. Determination of starch content. Polarimetric method]. Moscow: Standartinform, 2020. 11 p. (In Russ.).
7. GOST 26226-95. Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Metody opredeleniya syroj zoly [Fodder, mixed fodder and mixed fodder raw material. Methods for determination of raw ash]. Moscow: Standartinform, 2020. 6 p. (In Russ.).
8. GOST 26176-2019. Korma, kombikorma. Metody opredeleniya rastvorimyykh i legkogidrolizuemykh uglevodov [Fodders, mixed feeds. Methods for determination of soluble and hydrolysable carbohydrates]. Moscow: Standartinform, 2019. 12 p. (In Russ.).
9. GOST 31675-2012. Korma. Metody opredeleniya soderzhaniya syroj kletchatki s primeneniem promezhutochnoj fil'tratsii [Feeds. Methods for determination of crude fiber content with intermediate filtration]. Moscow: Standartinform, 2020. 12 p. (In Russ.).
10. Grigoryan B.R., Kulagina V.I., Sungatullina L.M. Organicheskoe zemledelie kak put' ekologizatsii chelovecheskogo myshleniya i chelovecheskoj deyatel'nosti [Organic farming as a way of ecologization of human thinking and human activity]. *Sborniki konferencij NITS Sociosfera = Collections of Conferences of SRC Sociosphere*. 2016;(10):22-23. (In Russ.).
11. Kurachenko N.L., Kolesnik A.A. Struktura i zapasy gumusovykh veshchestv agrochernozema v usloviyakh osnovnoj obrabotki pochvy [The structure and stocks of humus substances of agrochernozem in the conditions of the main processing of the soil]. *Vestnik KrasGAU = Vestnik KrasSAU*. 2017;(9):149-157. (In Russ.).
12. Sanin S.S. Organicheskoe zemlepol'zovanie: fitosanitarnye, ekologicheskie i ekonomicheskie bar'ery [Organic land use: phytosanitary environmental and economic barriers]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2019;(1):3-6. (In Russ.).
13. Slesareva T.N., Lukashevich M.I. Lyupin i nekotorye voprosy tekhnologii ego vozdel'yvaniya [Lupine and some issues of technology for its cultivation]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2018;(7):12-16. (In Russ.).
14. Sychev V.G. Metodicheskie ukazaniya po otsenke kachestva i pitatel'nosti kormov [Methodological guidelines for assessing the quality and nutritional value of feeding stuffs]. Moscow: CINAO, 2002. 36 p. (In Russ.).
15. Takunov I.P., Slesareva T.N., Lukashevich M.I. Perspektivnaya resursosberegayushchaya tekhnologiya proizvodstva lyupina [Promising resource-saving technology of lupine production]. Moscow: Rosinformagrotekh Press, 2011. 76 p. (In Russ.).
16. Takunov I.P., Slesareva T.N. Bezgerbicidnaya resursoenergoberegayushchaya tekhnologiya vozdel'yvaniya lyupina i zlakovykh kul'tur v smeshannykh posevakh [Herbicide-free resource-energy-saving technology of cultivation of lupine and cereals in mixed plantings]. Bryansk: CHitaj-gorod Press, 2007. 61 p. (In Russ.).
17. Khalipisky A.N., Stupnitsky D.N., Grashchenkov D.N. Vliyaniye gustoty poseva osnovnoj i podderzhivayushchej kul'tury na formirovaniye urozhajnosti gorokha i chechevitsy v Krasnoyarskoj lesostepi [Impact of the thickness of sowing of basic and supporting crops on the forming of the crop capacity of pea and lentil in Krasnoyarsk forest-steppe]. *Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skokhozyajstvennoj akademii im. V.R. Filippova = Vestnik of Buryat State Agricultural Academy by V.R. Filippov*. 2009;3(16):120-123. (In Russ.).

Информация об авторах

Д.Н. Ступницкий – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», stupdn@mail.ru.

В.Л. Бопп – кандидат биологических наук, проректор по науке ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», vl_kolesnikova@mail.ru.

Н.А. Мистратова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», mistratova@mail.ru.

Information about the authors

D.N. Stupnitskiy, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Crop Science, Selective Breeding and Seed Production, Krasnoyarsk State Agrarian University, stupdn@mail.ru.

V.L. Bopp, Candidate of Biological Sciences, Vice Rector for Research, Krasnoyarsk State Agrarian University, vl_kolesnikova@mail.ru.

N.A. Mistratova, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Crop Science, Selective Breeding and Seed Production, Krasnoyarsk State Agrarian University, mistratova@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 01.11.2021; одобрена после рецензирования 20.12.2021; принята к публикации 26.12.2021.

The article was submitted 01.11.2021; approved after revision 20.12.2021; accepted for publication 26.12.2021.

© Ступницкий Д.Н., Бопп В.Л., Мистратова Н.А., 2021

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НАРОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ
(ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 631.115.1

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2021_4_93

Малые формы хозяйствования в системе регионального АПК

Константин Семенович Терновых^{1✉}, Елена Викторовна Попкова², Ольга Ивановна Кучеренко³

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

¹organiz@agroeco.vsau.ru✉

Аннотация. Целью исследования является выявление тенденций развития малых форм хозяйствования в одном из высокоразвитых аграрных регионов – Воронежской области. Методологическая основа исследования включает такие методы, как монографический, расчетно-конструктивный, экономико-статистический и др. Информационной базой исследования послужили материалы Федеральной службы государственной статистики, законодательные акты региональных органов власти. Основываясь на результатах проведенного анализа, выявлена тенденция роста доли крупного сектора экономики, крестьянских (фермерских) хозяйств и индивидуальных предпринимателей в региональном объеме производства сельскохозяйственной продукции. Установлено, что крестьянские (фермерские) хозяйства и индивидуальные предприниматели Воронежской области в основном специализируются на производстве растениеводческой продукции, удельный вес которой в 2020 г. составил 93,1%. Животноводство в стоимости продукции занимает всего 6,9%. Отмечено, что в К(Ф)Х за исследуемый период прослеживаются тенденции: в отрасли растениеводства – рост производства продукции высокоэффективных культур (зерна – на 33,3%, подсолнечника – на 24,0%) при снижении производства таких культур, как сахарная свекла, картофель и овощи; в животноводстве наблюдается увеличение производства молока – на 30,3%, мяса в живом весе – на 18,4, яиц – на 56,0%. В процессе исследования сделан вывод, что положительное влияние на динамику сельскохозяйственного производства в малых формах хозяйствования оказала государственная поддержка, которая осуществляется в форме предоставления субсидий на цели, связанные с созданием и дальнейшим развитием крестьянских (фермерских) хозяйств (например, грант «Агρόстартап»); созданием и функционированием сельскохозяйственных потребительских кооперативов; обеспечением деятельности центров компетенций в сфере сельскохозяйственной кооперации и поддержки фермеров с целью достижения показателей эффективности.

Ключевые слова: малые формы хозяйствования, региональный АПК, тенденции развития, государственная поддержка, кооперация

Для цитирования: Терновых К.С., Попкова Е.В., Кучеренко О.И. Малые формы хозяйствования в системе регионального АПК // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14, № 4(71). С. 93–100. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_93-100.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: малые формы хозяйствования, регион, тенденции развития, государственная поддержка, кооперация

ECONOMICS AND MANAGEMENT OF THE NATIONAL ECONOMY
(ECONOMIC SCIENCES)

Original article

Small businesses in the system of the regional Agro-Industrial Complex

Konstantin S. Ternovykh^{1✉}, Elena V. Popkova², Olga I. Kucherenko³

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

¹organiz@agroeco.vsau.ru✉

Abstract. The objective of research was to identify the trends in the development of small businesses in one of the highly developed agrarian regions, i.e. Voronezh Oblast. The methodological basis of research includes such methods as monographic, computational-constructive, economic-statistical, etc. The information base of research included the materials of the Federal State Statistics Service and legislative acts of regional authorities. Based on the results of the performed analysis, the authors have identified a trend towards the increase in the share of the large sector of the economy, peasant farm enterprises and individual entrepreneurs in the regional volume of agricultural production. It has been established that peasant farm enterprises and individual entrepreneurs of Voronezh Oblast mainly specialize in the production of crop products, the share of which in 2020 was 93.1%. Livestock production accounts for only 6.9% of the value of production. It is noted that during the period of research peasant farm enterprises showed the following trends: in the crop production industry the production of highly efficient crops increased (by 33.3% for grain and by 24.0% for sunflower), while the production of such crops as sugar beet, potatoes and vegetables decreased; in animal husbandry there was an increase in the production of milk (by 30.3%), meat in live weight (by 18.4%), and eggs (by 56.0%). In the course of research the authors concluded that a positive impact on the dynamics of agricultural production in small businesses was provided by government support, which is carried out in the form of subsidies for purposes related to the creation and further development of peasant farm enterprises (e.g. the Agrostartup grant), creation and operation of

agricultural consumer cooperatives, and operation of competence centers in the field of agricultural cooperation and support for farmers in order to achieve performance indicators.

Keywords: small business forms, regional Agro-Industrial Complex, development trends, state support, cooperation
For citation: Ternovykh K.S., Popkova E.V., Kucherenko O.I. Small businesses in the system of the regional Agro-Industrial Complex. Vestnik of Voronezh State Agrarian University. 2021;14(4):93-100. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_93-100.

Развитие агропродовольственного комплекса в рыночных условиях связано с результатами деятельности различных субъектов хозяйствования: предпринимательских, некоммерческих, государственных и других форм собственности. Как известно, они преследуют разные цели: получение дохода, удовлетворение собственных нужд, достижение социальных показателей и др. Такая разнонаправленность затрудняет функционирование всей отрасли, особенно это прослеживается в сфере малых форм хозяйствования, разобщенных и замкнутых на простом воспроизводстве, не имеющих каналов реализации продуктов производства. В то же время малые формы хозяйствования производят около половины всей аграрной продукции в России, в связи с чем от их состояния и развития напрямую зависит экономика сельского хозяйства в целом.

Проблемы функционирования малых форм хозяйствования в аграрной сфере нашли отражение в трудах многих экономистов [9, 10]. Однако вопросы современного развития этих форм хозяйствования по-прежнему остаются не раскрытыми. Авторами сделана попытка дать оценку состояния и тенденций их функционирования в одном из высокоразвитых аграрных регионов – в Воронежской области.

В Воронежской области по состоянию на 01.01.2019 г. имелось 3739 крестьянских (фермерских) хозяйств (К(Ф)Х), за которыми закреплено 731,4 тыс. га земель, из них в собственности граждан находится 90,9 тыс. га, в собственности юридических лиц – 9,6 тыс. га. Также из государственной и муниципальной собственности им предоставлено на праве пожизненно наследуемого владения 7,6 тыс. га, на праве пользования – 0,8, на праве аренды – 203,2, из собственности других граждан и юридических лиц – 419,3 тыс. га [7].

Кроме зарегистрированных в установленном порядке крестьянских (фермерских) хозяйств, на территории области функционируют 210 индивидуальных предпринимателей, не образовавшие фермерские хозяйства, использующие земельные участки для сельскохозяйственного производства на общей площади 33,6 тыс. га, из которых в собственности граждан находится 7,4 тыс. га. Из государственной и муниципальной собственности им предоставлено на праве аренды – 8,4 тыс. га, из собственности других граждан и юридических лиц – 17,8 тыс. га.

Количество крестьянских (фермерских) хозяйств и индивидуальных предпринимателей в Воронежской области, имеющих земельные участки, за период 2006–2016 гг. сократилось более чем на треть, а средний размер землепользования увеличился в 2 раза. Рост числа хозяйств данной категории отмечается только по группам с площадью земель более 200 га. По размеру земельной площади преобладают хозяйства площадью до 50,1 и с 200,1–500,0 га. Площадь свыше 3000 га имеют всего лишь 22 хозяйства (табл. 1).

Таблица 1. Распределение крестьянских (фермерских) хозяйств и индивидуальных предпринимателей Воронежской области по размеру землепользования

Показатели	Размер земельной площади, га						Всего
	до 50,1	50,1–100	100,1–200	200,1–500	500,1–3000	Свыше 3000	
Количество хозяйств	536	351	351	562	432	22	2353
В % от общего количества	22,8	14,9	19,1	23,9	18,4	0,9	100,0
Общая площадь хозяйств, всего, га	11 130	26 114	65 070	181 526	428 948	133 990	846 778
В расчете на одно хозяйство, га	20,8	74,4	144,6	323,0	804,0	3468,9	359,9

Источник: по данным Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 г. [4].

Анализ размещения К(Ф)Х в Воронежской области свидетельствует о наибольшей их концентрации в Каширском, Таловском и Богучарском районах. При этом средний размер землепользования одного хозяйства находится в пределах от 78,91 до 720,15 га. В Воронежской области по состоянию на 01.01.2016 г. имелось 470,7 тыс. хозяйств населения, которые имеют в пользовании 169,7 тыс. га земель [3]. Средний размер земельного участка в данной категории составляет 0,36 га (табл. 2).

Таблица 2. Распределение хозяйств населения по размеру землепользования в Воронежской области

Показатели	Размер земельной площади, га						Всего
	до 0,06	0,06–0,20	0,21–0,30	0,31–0,50	0,51–1,00	Свыше 1,00	
Количество хозяйств	30,8	179,9	71,9	139,3	38,5	10,3	470,7
В % от общего количества	6,5	38,2	15,3	29,6	8,2	2,2	100
Общая площадь хозяйств, всего, га	1,2	21,4	18,0	58,3	24,6	46,0	169,7
В расчете на одно хозяйство, га	0,04	0,12	0,25	0,42	0,64	4,46	0,36

Источник: по данным Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 г. [4].

На начало 2019 г. численность хозяйств населения сократилось до 425,86 тыс., что на 9,53% ниже уровня 2016 г. В процессе исследования установлено, что такая тенденция связана с отказами граждан от земельных участков, а также сокращением числа домохозяйств в сельской местности и повышением среднего возраста сельского населения.

Вместе с тем создавшаяся ситуация может негативно отразиться на развитии сельских территорий, а также оказать отрицательное влияние на рынок сельскохозяйственной продукции. Малый агробизнес смягчает экономические и социальные проблемы в производстве продукции для семьи, обеспечивает самозанятость граждан и получение дохода, способствует сохранению традиционного уклада жизни на селе.

В 2020 г. в структуре производства продукции сельского хозяйства (в фактических ценах) сельскохозяйственные организации занимали 64,1%, хозяйства населения – 22,1, крестьянские (фермерские) хозяйства и индивидуальные предприниматели – 13,8% (табл. 3). При этом за анализируемый период наблюдается увеличение в производстве продукции доли сельхозорганизаций с 55,4 до 64,1%, К(Ф)Х – с 11,7 до 13,8% и снижение этого показателя в хозяйствах населения.

Как показывает анализ, в региональном объеме производства сельскохозяйственной продукции возрастает роль крупного сектора экономики, крестьянских (фермерских) хозяйств и индивидуальных предпринимателей. При этом темпы роста производства продукции в К(Ф)Х опережают темпы роста производства в сельскохозяйственных организациях. Индекс производства продукции сельского хозяйства в сельхозорганизациях в 2020 г. по сравнению с 2016 г. составил 152,3%, а в крестьянских (фермерских) хозяйствах – 156,0%. В хозяйствах населения наблюдается сокращение объема производства продукции на 11,8%. Наиболее быстрыми темпами снижалось производство животноводческой продукции: с 27390,6 млн руб. в 2016 г. до 22061,7 млн руб. в 2020 г., или на 19,4%.

Положительное влияние на динамику сельскохозяйственного производства в К(Ф)Х оказала государственная поддержка, проводимая в рамках государственной программы Воронежской области «Развитие сельского хозяйства, производства пищевых продуктов и инфраструктуры агропродовольственного рынка» [5].

Таблица 3. Производство продукции сельского хозяйства в Воронежской области по категориям хозяйств

Показатели	2016 г.		2017 г.		2018 г.		2019 г.		2020 г.	
	млн руб.	%	млн руб.	%	млн руб.	%	млн руб.	%	млн руб.	%
Валовая продукция сельского хозяйства										
Всего	199308,0	100,0	193876,1	100,0	219151,4	100,0	221943,9	100,0	262329,8	100,0
В том числе:										
сельскохозяйственные организации	110341,9	55,4	105180,5	54,2	130550,1	59,6	140688,2	63,4	168009,3	64,1
К(Ф)Х	23356,4	11,7	20484,8	10,6	24743,3	11,3	30711,4	13,8	36438,5	13,8
хозяйства населения	65609,7	32,9	68210,8	35,2	63858,0	29,1	50544,3	22,8	57882,0	22,1
По отраслям:										
Растениеводство, всего	130173,3	65,3	120821,1	62,3	135376,9	61,8	135292,5	61,0	169449,1	64,6
В том числе:										
сельскохозяйственные организации	70451,8	35,3	59999,3	30,9	71946,1	32,8	76839,0	34,6	99705,2	38,0
К(Ф)Х	21502,4	10,8	18571,7	9,6	22740,6	10,4	28404,4	12,8	33923,6	12,9
хозяйства населения	38219,1	19,2	42250,1	21,8	40690,2	18,6	30049,1	13,6	35820,3	13,7
Животноводство, всего	69134,7	34,7	73055,0	37,7	83774,5	38,2	86651,4	39,0	92880,7	35,4
В том числе:										
сельскохозяйственные организации	39890,1	20,0	45181,2	23,3	58604,0	26,7	63849,2	28,8	68304,1	26,0
К(Ф)Х	1854,0	0,9	1913,1	1,0	2002,7	0,9	2307,0	1,0	2514,9	1,0
хозяйства населения	27390,6	13,8	25960,7	13,4	23167,8	10,6	20475,2	9,2	22061,7	8,4

Источник: [1, 2].

Мероприятия по оказанию государственной поддержки малых предприятий предусматривают предоставление субсидий по различным направлениям, связанным с созданием и поддержанием стабильной деятельности крестьянских (фермерских) хозяйств. С этой целью выделяются денежные средства в рамках гранта «Агростартап». Кроме того, государство поддерживает создание и развитие потребительских кооперативов на селе, а также способствует обеспечению эффективной деятельности центров компетенций в рамках сельскохозяйственной кооперации и оказании помощи фермерам. Грант «Агростартап» выдается главе К(Ф)Х только на целевые нужды (приобретение земельных участков, покупку необходимых для начала ведения сельскохозяйственного производства техники и оборудования и другие производственные активы). Сумма выделяемых денежных средств может достигать 3 млн руб. [6].

По другим направлениям проекта создания и (или) развития крестьянского (фермерского) хозяйства сумма гранта может быть изменена. Так, на реализацию проекта по разведению крупного рогатого скота мясного или молочного направлений предоставляется грант в размере до 5 млн руб., который при этом не должен превышать 90% затрат, указанных в бизнес-плане.

В 2019 г. было проведено два этапа конкурсного отбора различных претендентов на получение грантов «Агростартап». Гранты получили 15 крестьянских (фермерских) хозяйств, финансирование мероприятия составило 47 млн руб. [8].

На поддержку сельскохозяйственных потребительских кооперативов было выделено 2,2 млн руб. трем организациям: ССППК «Боевский» Новоусманского района, ССППК «Русский фермер» Грибановского района, СПСК «БиоТория» Лискинского района [8].

Крестьянские (фермерские) хозяйства и индивидуальные предприниматели Воронежской области в основном специализируются на производстве растениеводческой продукции, удельный вес которой в 2020 г. составил 93,1%.

Животноводство в стоимости продукции занимает всего 6,9%. Такое соотношение обусловлено, во-первых, тем, что производство животноводческой продукции во многих К(Ф)Х осуществляется с использованием ручного труда, приводящим к росту трудоемкости продукции. Во-вторых, продуктивность животных в них ниже, чем в сельхозорганизациях, которые имеют современные фермы и используют высокопроизводительное оборудование. В-третьих, мелкие товаропроизводители в основном используют покупные корма (особенно это касается комбикормов), что способствует удорожанию продукции животноводства. Кроме того, функционируя в условиях жесткой, а зачастую и недобросовестной конкуренции, малые формы хозяйствования получают в качестве выручки от реализации продукции животноводства лишь малую долю той цены, которую платит конечный потребитель. Но несмотря на это в данном секторе экономики наблюдается тенденция роста производства животноводческой продукции. Так, производство молока увеличилось на 30,3%, мяса в живом весе – на 18,4, яиц – на 56,0% (табл. 4).

Таблица 4. Показатели развития крестьянских (фермерских) хозяйств и индивидуальных предпринимателей и хозяйств населения в Воронежской области

Показатели	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2020 г. в % к 2016 г.
Анализ производственной деятельности К(Ф)Х и ИП						
Посевная площадь, тыс. га	630,8	643,0	651,2	667,2	692,1	109,7
Производство продукции, тыс. т						
Зерно	1268,0	1485,6	1309,7	1385,2	1689,7	133,3
Подсолнечник	276,0	246,4	344,6	400,4	342,2	124,0
Сахарная свекла	740,6	667,5	484,4	606,0	270,5	36,5
Картофель	26,9	30,4	27,8	31,9	13,3	49,4
Овощи	46,9	55,9	59,1	57,7	38,8	82,7
Плоды и ягоды	0,1	1,0	4,1	3,1	4,2	в 4 раза
Мясо в живом весе	4,9	5,7	5,3	5,1	5,8	118,4
Молоко	37,3	40,1	42,7	45,9	48,6	130,3
Яйцо, млн шт.	5,0	9,4	9,2	6,2	7,8	156,0
Анализ производственной деятельности хозяйств населения						
Посевная площадь, тыс. га	119,3	115,4	114,4	106,8	100,8	84,5
Производство продукции, тыс. т						
Зерно	43,9	45,3	39,6	30,4	34,1	77,7
Подсолнечник	8,1	7,0	5,9	7,6	5,8	71,6
Сахарная свекла	66,7	83,4	57,2	51,8	45,6	68,4
Картофель	1213,8	1184,8	1055,9	921,1	692,6	57,1
Овощи	371,2	364,8	357,5	353,4	350,3	94,4
Плоды и ягоды	44,8	46,1	36,1	45,5	61,3	136,8
Мясо в живом весе	89,3	84,7	80,3	79,0	79,0	88,5
Молоко	253,5	223,1	212,8	194,0	174,0	68,6
Яйцо, млн шт.	339,0	335,8	334,5	326,0	326,7	96,4

Источник: [1, 2].

В малых формах хозяйствования наблюдается неоднозначная ситуация в производстве растениеводческой продукции. С одной стороны, прослеживается тенденция прироста валовых сборов высокоэффективных культур (зерновых и подсолнечника), а с другой – уменьшение производства сахарной свеклы, картофеля и овощей. Сокращение производства данных культур обусловлено высокими материально-денежными и трудовыми затратами на их выращивание, особенностью хранения, трудностью сбыта.

Характерной тенденцией функционирования К(Ф)Х и индивидуальных предпринимателей является увеличение их роли в производстве зерновых, подсолнечника и молока. Доля этих категорий хозяйств за 2016–2020 гг. значительно возросла. Так, производство зерна увеличилось с 26,3 до 27,4%, подсолнечника – с 29,9 до 32,5, молока – с 4,5 до 4,7% (табл. 5).

Таблица 5. Удельный вес крестьянских (фермерских) хозяйств и индивидуальных предпринимателей и хозяйств населения в общем объеме производства сельскохозяйственной продукции Воронежской области, %

Виды сельскохозяйственной продукции	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Производство сельскохозяйственной продукции в К(Ф)Х и ИП					
Зерновые, всего	26,3	26,2	27,5	26,7	27,4
Подсолнечник	29,9	29,1	31,3	32,1	32,5
Сахарная свекла	12,7	10,7	9,5	8,8	7,6
Картофель	2,1	2,4	2,5	3,3	1,8
Овощи	10,7	12,6	13,6	13,8	9,8
Плоды и ягоды	0,1	1,1	3,0	2,8	3,1
Мясо в живом весе	1,3	1,3	1,0	0,9	1,0
Молоко	4,5	4,8	4,7	4,7	4,7
Яйцо	0,5	1,0	0,9	0,8	1,0
Производство сельскохозяйственной продукции в хозяйствах населения					
Зерновые, всего	0,9	0,8	0,8	0,6	0,5
Подсолнечник	0,9	0,8	0,5	0,6	0,5
Сахарная свекла	1,1	1,3	1,1	0,8	1,3
Картофель	94,6	95,2	94,5	94,2	96,5
Овощи	84,8	82,3	82,3	84,4	88,7
Плоды и ягоды	40,4	50,5	26,5	40,7	45,1
Мясо в живом весе	23,3	20,1	15,8	14,7	14,3
Молоко	30,6	26,5	23,5	19,8	17,0
Яйцо	36,0	35,4	34,0	43,0	43,0

Источник: рассчитано авторами на основе бюллетеней о состоянии сельского хозяйства [1].

Одной из основных проблем в развитии малого агробизнеса региона является реализация продукции. Для того чтобы продать выращенную продукцию на рынке товаро-производители должны понести дополнительные издержки, связанные с транспортировкой, арендой торгового места, лабораторными анализами по определению качества и безопасности продукции. Поэтому многие К(Ф)Х и хозяйства населения предпочитают реализовывать продукцию посредникам, тем самым теряя значительную часть прибыли. Поэтому данная проблема может быть решена путем кооперации и интеграции.

Кооперация позволяет организовать совместную деятельность мелким товаро-производителям таким образом, чтобы каждый член кооператива имел возможность решать имеющиеся проблемы сообща, но при этом оставаясь экономически и юридически самостоятельным [9].

В Воронежской области пока не наблюдается активного развития сельскохозяйственной потребительской кооперации. В регионе функционируют всего 68 сельскохозяйственных потребительских кооперативов [11], в то время как в Липецкой области кооперативных объединений насчитывается свыше 900. При этом около 30% из них составляют сельскохозяйственные кредитные потребительские кооперативы [10].

Для дальнейшего эффективного развития и более полного использования потенциала малых форм хозяйствования на уровне региона необходимо совершенствование системы государственной поддержки. На современном этапе настоятельной необходимостью является смена приоритетов в агропродовольственной политике и смещение ее в сторону увеличения объемов и направлений государственной поддержки указанных форм хозяйствования. Это будет способствовать не только удовлетворению потребностей внутреннего рынка, но и развитию экспорта.

В результате проведенного исследования можно сделать вывод, что малые формы хозяйствования играют большую социальную и экономическую роль в развитии экономики региона. При этом для их более устойчивого функционирования в аграрной сфере необходимо активное использование инновационных преобразований, что будет способствовать дальнейшему развитию аграрного сектора по обеспечению продовольственной безопасности страны.

Список источников

1. Бюллетени о состоянии сельского хозяйства (электронные версии) // Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения: 26.06.2021).
2. Воронежская область в цифрах. 2020: Стат. сб. / Воронежстат. Воронеж, 2021. 84 с.
3. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2019 году // Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии. URL: https://docviewer.yandex.ru/view/0/?page=1&*=z0i3HkNRj%2FjW7IWhm3J81CTWT017In (дата обращения: 26.06.2021).
4. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года // Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт. URL: <https://rosstat.gov.ru/519> (дата обращения: 01.05.2021).
5. Об утверждении государственной программы Воронежской области «Развитие сельского хозяйства, производства пищевых продуктов и инфраструктуры агропродовольственного рынка»: Постановление правительства Воронежской области от 13.12.2013 г. № 1088. URL: <https://docs.cntd.ru/document/410802468> (дата обращения: 26.06.2021).
6. Об утверждении Порядка предоставления из областного бюджета грантов «Агростартап» в форме субсидий на создание и (или) развитие крестьянских (фермерских) хозяйств: Постановление правительства Воронежской области от 29.06.2020 г. № 596. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/3600202007020011> (дата обращения: 26.05.2021).
7. Основные показатели социально-экономического положения муниципальных образований // Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт. URL: https://voronezhstat.gks.ru/main_indicators (дата обращения: 26.05.2021).
8. Полухина Е. Фермеры Воронежской области за год получили 49 млн рублей в рамках национального проекта // ПИА «Воронеж». 2020. 10 февраля. URL: <https://riavr.ru/news/fermery-voronezhskoy-oblasti-zagod-poluchili-49-mln-rublej-v-ramkakh-natsproekta/> (дата обращения: 26.06.2021).
9. Семененко Г.А., Афанасьева Л.В., Каплунова И.В. Развитие сельскохозяйственной потребительской кооперации как основа предпринимательской деятельности на селе // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2018. № 3(70). С. 320–333. DOI: 10.21295/2223-5639-2018-3-320-333.
10. Теплова Л.В., Семененко Г.А., Афанасьева Л.В. Проблемы, преимущества и перспективы сельскохозяйственных кооперативов в развитии агропромышленного комплекса // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2019. № 4(77). С. 334–347. DOI: 10.21295/2223-5639-2019-4-334-347.
11. Фермеры и сельхозкооперативы региона получают 377 млн руб. в рамках нацпроекта // Воронежская область: официальный портал органов власти. URL: <https://www.govrn.ru/novosti/-/id/4162940> (дата обращения: 26.05.2021).

References

1. Byulleteni o sostoyanii sel'skogo khozyajstva (elektronnye versii) [Agriculture State Bulletins (electronic versions). Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki: oficial'nyj sayt [Federal State Statistics Service: official website]. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277>. (In Russ.).
2. Voronezhskaya oblast' v tsifrakh. 2020: Stat. sb. [Voronezh Oblast in figures. 2020: Statistical Book]. Voronezh: Voronezhstat, 2021. 84 p. (In Russ.).
3. Gosudarstvennyj (nacional'nyj) doklad o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' v Rossijskoj Federatsii v 2019 godu [State (national) report on the state and use of lands in the Russian Federation in 2019]. Federal'naya sluzhba

gosudarstvennoj registratsii, kadastra i kartografii [Federal Service of State Registration, Cadastre and Cartography]. URL: https://docviewer.yandex.ru/view/0/?page=1&*=z0i3HkNRj%2FjW7IWhm3J81CTWT017In. (In Russ.).

4. Itogi Vserossiyskoy sel'skokhozyajstvennoj perepisi 2016 goda [Results of the All-Russian Agricultural Census of 2016]. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki: oficial'nyj sajt [Federal State Statistics Service: official website]. URL: <https://rosstat.gov.ru/519>. (In Russ.).

5. Ob utverzhdenii gosudarstvennoj programmy Voronezhskoj oblasti "Razvitie sel'skogo hozyajstva, proizvodstva pishchevykh produktov i infrastruktury agroproduktov i stvennogo rynka" [On the approval of the State program of Voronezh Oblast "Development of agriculture, food production and infrastructure of the agro-food market": Postanovlenie pravitel'stva Voronezhskoj oblasti ot 13.12.2013 № 1088 [Decree of Voronezh Oblast Government of 13.12.2013 no. 1088]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/410802468>. (In Russ.).

6. Ob utverzhdenii Poryadka predostavleniya iz oblastnogo byudzheta grantov "Agrostartap" v forme subsidij na sozdanie i (ili) razvitie krest'yanskikh (fermerskikh) hozyajstv [On approval of the Procedure for the provision of grants from the regional budget "Agrostartap" in the form of subsidies for the creation and (or) development of peasant (farm) economies. Postanovlenie pravitel'stva Voronezhskoj oblasti ot 29.06.2020 № 596 [Decree of Voronezh Oblast Government of 06.29.2020 no. 59]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/3600202007020011>. (In Russ.).

7. Osnovnye pokazateli social'no-ekonomicheskogo polozheniya municipal'nykh obrazovanij [Main indicators of economic and social status of municipalities]. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki: oficial'nyj sajt [Federal State Statistics Service: official website]. URL: https://voronezhstat.gks.ru/main_indicators. (In Russ.).

8. Polukhina E. Fermery Voronezhskoj oblasti za god poluchili 49 mln rublej v ramkakh nacional'nogo proekta [Farmers of Voronezh Oblast received 49 million rubles over year within the framework of the national project. RIA "Voronezh". 2020. February 10. URL: <https://riavrn.ru/news/fermery-voronezhskoy-oblasti-za-god-poluchili-49-mln-rublej-v-ramkakh-natsproekta/>. (In Russ.).

9. Semenenko G.A., Afanasyeva L.V., Kaplunova I.V. Development of agricultural consumer cooperation as the basis of entrepreneurial activities in the countryside. *Vestnik Belgorodskogo Universiteta kooperatsii, ekonomiki i prava = Herald of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law*. 2018;3(70):320-333. DOI: 10.21295/2223-5639-2018-3-320-333. (In Russ.).

10. Teplova L.V., Semenenko G.A., Afanasyeva L.V. Problemy, preimushchestva i perspektivy sel'skokhozyajstvennykh kooperativov v razviti agropromyshlennogo kompleksa [Problems, advantages and prospects of agricultural cooperatives in the development of Agro-Industrial Complex]. *Vestnik Belgorodskogo Universiteta kooperatsii, ekonomiki i prava = Herald of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law*. 2019;4(77):334-347. DOI: 10.21295/2223-5639-2019-4-334-347. (In Russ.).

11. Fermery i sel'khozkooperativy regiona poluchat 377 mln rub v ramkah natsproekta [Farmers and agricultural cooperatives of the region will receive 377 million rubles over year within the framework of the national project. Voronezhskaya oblast': oficial'nyj portal organov vlasti [Voronezh Oblast: the official portal of the authorities]. URL: <https://www.govvrn.ru/novost/-/~/id/4162940>. (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».

Е.В. Попкова – кандидат экономических наук, доцент кафедры организации производства и предпринимательской деятельности в АПК ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

О.В. Кучеренко – кандидат экономических наук, доцент кафедры организации производства и предпринимательской деятельности в АПК ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Information about the authors

K.S. Ternovyykh, Doctor of Economic Sciences, Professor, Meritorious Scientist of the Russian Federation, Head of the Dept. of Farm Production Management and Entrepreneurial Business in Agro-Industrial Complex, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

E.V. Popkova, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, the Dept. of Farm Production Management and Entrepreneurial Business in Agro-Industrial Complex, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

O.I. Kucherenko, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, the Dept. of Farm Production Management and Entrepreneurial Business in Agro-Industrial Complex, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Статья поступила в редакцию 23.09.2021; одобрена после рецензирования 30.10.2021; принята к публикации 20.11.2021.

The article was submitted 23.09.2021; approved after revision 30.10.2021; accepted for publication 20.11.2021.

© Терновых К.С., Попкова Е.В., Кучеренко О.И., 2021

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НАРОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ
(ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья
УДК 332.12:338.4
DOI: 10.53914/issn2071-2243_2021_4_101

О моделях интеграционных взаимодействий
в агропродовольственном комплексе

Андрей Валерьевич Улезько^{1✉}, Андрей Павлович Курносов², Татьяна Васильевна Савченко³,
Константин Дмитриевич Недиков⁴

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

³Научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного
комплекса Центрально-Черноземного района – филиал ФГБНУ «Воронежский федеральный
аграрный научный центр имени В.В. Докучаева», Воронеж, Россия

¹arle187@rambler.ru, iomas@agroeco.vsau.ru✉

Аннотация. На современном этапе развития агропромышленной интеграции в качестве основной формы интеграционных взаимодействий стала использоваться холдинговая модель, сущность которой заключается в минимизации прибыли субъектов, представляющих промежуточные звенья продуктовых цепочек, и оптимальном распределении ресурсов на основе сосредоточения функций системного управления всеми элементами цепочек создания добавленной стоимости в специальном органе, координирующем деятельность субъектов, входящих в состав интегрированного формирования. В настоящее время именно интегрированные формирования холдингового типа составляют основу крупнотоварного сектора агропродовольственного комплекса, обеспечивая продовольственную безопасность страны по таким видам сельскохозяйственной продукции, как зерно, подсолнечник, сахарная свекла, молоко, мясо свиней и птицы и яйцо. При этом отмечается, что потенциал развития данной модели интеграционных взаимодействий в агропродовольственном комплексе начал себя исчерпывать. В качестве одной из перспективных моделей организации интеграционных взаимодействий в агропродовольственном комплексе предлагается выделять продуктовый кластер, в рамках которого устанавливаются вертикальные и горизонтальные интеграционные отношения на принципах, создающих предпосылки обеспечения взаимовыгодного взаимодействия субъектов, интегрированных в цепочки создания добавленной стоимости на локализованных территориях, и балансирования их интересов. Описывается совокупность теоретико-методологических положений, определяющих внутреннюю сущность кластерной модели организации системы интеграционных взаимодействий в агропродовольственном комплексе. Делается вывод о том, что реализация кластерной политики в агропродовольственном комплексе требует не только понимания сущности внутрикластерных взаимодействий, но и объективной оценки условий, позволяющих инициировать процессы кластеризации и формирования локализованных продуктовых кластеров.

Ключевые слова: агропромышленная интеграция, интеграционные взаимодействия, модель интеграционных взаимодействий, холдинговая модель, кластерная модель

Для цитирования: Улезько А.В., Курносов А.П., Савченко Т.В., Недиков К.Д. О моделях интеграционных взаимодействий в агропродовольственном комплексе // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14, № 4(71). С. 101–109. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_101–109.

ECONOMICS AND MANAGEMENT OF THE NATIONAL ECONOMY
(ECONOMIC SCIENCES)

Original article

Concerning models of integration interactions in the agrifood complex

Andrey V. Ulez'ko^{1✉}, Andrey P. Kurnosov², Tatiana V. Savchenko³, Konstantin D. Nedikov⁴

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

³Research 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

¹arle187@rambler.ru, iomas@agroeco.vsau.ru✉

Abstract. At the present stage of development of agro-industrial integration the holding-based model began to be used as the main form of integration interactions. Its essence is to minimize the profits of entities representing intermediate links of product chains, and to optimally allocate resources on the basis of concentration of functions of

system management of all value chain elements in a special body coordinating the activities of entities that are part of the integrated formation. At present, holding-type integrated formations form the basis of the large commodity sector of the agrifood complex and ensure the country's food security by such types of agricultural products as grain, sunflower, sugar beet, milk, pork, poultry meat, and eggs. At the same time, it is noted that the potential for the development of this model of integration interactions in the agrifood complex has begun to outlive itself. As one of the promising models for organizing integration interactions in the agrifood complex, the authors propose to consider a product cluster, within which vertical and horizontal integration relations are established on the principles that create prerequisites for ensuring mutually beneficial interaction of entities integrated into value chains in localized territories and prerequisites for balancing their interests. The authors describe a set of theoretical and methodological provisions that determine the inner essence of the cluster model of organizing the system of integration interactions in the agrifood complex. It is concluded that the implementation of cluster policy in the agrifood complex requires not only an insight into the essence of intra-cluster interactions, but also an objective assessment of the conditions that allow initiating clustering processes and the formation of localized food clusters.

Keywords: agro-industrial integration, integration interactions, model of integration interactions, holding-based model, cluster model

For citation: Ulez'ko A.V., Kurnosov A.P., Savchenko T.V., Nedikov K.D. Concerning models of integration interactions in the agrifood complex. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2021;14(4):101-109. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_101-109.

Оценка постреформенных тенденций развития агропродовольственного комплекса страны позволяет сделать вывод о том, что достигнутые успехи обусловлены, в первую очередь, воздействием двух ключевых факторов: ростом государственной поддержки и расширением процессов агропромышленной интеграции. Следует отметить, что формирование современной системы агропромышленной интеграции происходило в форме объективной реакции крупных бизнес-структур на изменения институциональной среды развития сельского хозяйства и предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности, протекающие под воздействием изменяющейся политики государства в отношении агропродовольственного комплекса как базового элемента обеспечения продовольственной безопасности страны [2, 4, 8, 9, 10, 13, 15, 16, 17, 20, 21].

Разрушение в ходе радикальных экономических реформ системы интеграционных взаимодействий, сложившейся в условиях плановой экономики, объективно обусловило деформацию существовавших продуктовых цепочек, разрыв устойчивых организационно-экономических и технологических взаимодействий между производителями сельскохозяйственной продукции и ее переработчиками и резко снизило эффективность как всего агропродовольственного комплекса страны, так и его отдельных элементов.

Смена собственников, произошедшая в ходе приватизации, привела к полной трансформации системы экономических отношений в агропродовольственном комплексе и массовому переходу на договорную модель взаимодействий субъектов, интегрированных в цепочки создания добавленной стоимости. В условиях формирования рыночной среды, характеризующихся недобросовестной конкуренцией, неотрегулированностью правового поля, нестабильностью экономического пространства, данная модель интеграционных взаимодействий не могла обеспечить стабильность хозяйственных связей субъектов, взаимодействующих в рамках продуктовых цепочек, что потребовало появления новых моделей, позволяющих реализовать принципиально иные схемы организации интеграционных взаимодействий, обеспечивающих повышение их устойчивости и возможность реализации экономических интересов участников интеграционных формирований иного типа.

Необходимо отметить, что выбор конкретной модели осуществляется исходя из совокупности разнородных факторов, но в соответствии с действием закона экономической целесообразности вертикальной интеграции субъектов, взаимодействующих в рамках цепочек создания добавленной стоимости. Содержание данного экономического закона, по мнению С.С. Губанова [3], определяется приоритетностью интересов интегрированного формирования по сравнению с интересами отдельных субъектов инте-

грационных взаимодействий, обеспечивающих объединение усилий и необходимый уровень концентрации производства при исключении оппортунистических действий любого из интегрирующихся субъектов.

На современном этапе развития агропромышленной интеграции в качестве основной формы интеграционных взаимодействий, позволяющей реализовать принципы закона экономической целесообразности вертикальной интеграции, стала использоваться холдинговая модель организации интегрированных формирований, сущность которой заключается в минимизации прибыли субъектов, представляющих промежуточные звенья продуктовых цепочек, и оптимальном распределении ресурсов на основе сосредоточения функций системного управления всеми элементами цепочек создания добавленной стоимости в специальном органе, координирующем деятельность субъектов, входящих в состав интегрированного формирования, и процессами их взаимодействий.

При реализации холдинговой модели организации процессов агропромышленной интеграции в качестве инициаторов создания интегрированного формирования выступают субъекты, специализирующиеся на переработке продукции сельского хозяйства и решающие, в первую очередь, проблему повышения устойчивости собственных сырьевых зон, необходимых для повышения уровня загруженности производственных мощностей при минимизации себестоимости потребляемого сырья и трансакционных издержек. Современные интегрированные формирования холдингового типа, как правило, предполагают полный контроль за деятельностью субъектов, вовлеченных в цепочки создания добавленной стоимости, вплоть до потери их юридической самостоятельности, что позволяет не только добиться однозначной ориентации всех участников интегрированного объединения на достижение конечной цели, но обеспечить необходимый уровень эффективности воспроизводственных процессов во всех звеньях продуктовых цепочек при минимальном уровне затрат, связанных с реализацией межсубъектных и межзвенных взаимодействий.

Основными преимуществами интегрированных формирований холдингового типа, по мнению ряда исследователей [1, 7, 10, 11, 18], можно считать:

- высокий уровень координации деятельности субъектов агропромышленной интеграции и регламентации их взаимодействий;
- устойчивость интеграционных взаимодействий и возможность недопущения оппортунистического поведения отдельных субъектов;
- наличие механизма минимизации затрат на обеспечение интеграционных взаимодействий и снижения себестоимости конечной продукции;
- наличие механизма эффективного распределения ресурсов между звеньями продуктовых цепочек, обеспечивающего их сбалансированность;
- повышение конкурентоспособности конечной продукции за счет усиления рыночного влияния интегрированного формирования;
- наличие инструментов балансирования интересов отдельных субъектов интеграционных процессов с интересами субъекта – инициатора создания формирования;
- возможность выравнивания уровня технико-технологического развития всех звеньев продуктовой цепочки и реализации общей инновационной и инвестиционной политик;
- высокий уровень маневренности ресурсами субъектов интеграции и управления материальными и финансовыми потоками;
- возможность создания общего экономического и информационного пространства и повышение эффективности интеграционных взаимодействий и др.

В качестве объективных недостатков холдинговой модели агропромышленной интеграции при этом выделяются:

- высокий уровень затрат на управление, обусловленный сложностью и многоуровневостью структуры холдинга и территориальной рассредоточенностью интегрирующихся субъектов;
- высокий уровень затрат на создание адекватной системы информационного обеспечения и информационной инфраструктуры, необходимой для повышения оперативности технологических и организационно-экономических взаимодействий;
- сложность системы балансирования деятельности различных звеньев продуктовых цепочек и разработки бюджетов отдельных субъектов, необходимых для повышения эффективности использования всех видов ресурсов;
- необходимость развития в субъектах, специализирующихся на производстве сельскохозяйственной продукции, отраслей, не являющихся основными для перерабатывающего предприятия – инициатора создания интегрированного формирования;
- необходимость жесткого контроля за эффективностью использования ресурсов в различных звеньях продуктовых цепочек и стимулирования субъектов, входящих в состав интегрированного формирования, в достижении установленных индикаторов развития и др.

В начале двухтысячных годов именно холдинговая модель наиболее полно соответствовала интересам крупного бизнеса, пришедшего в агропродовольственный комплекс, обеспечивая жесткую вертикаль управления процессами функционирования всех звеньев продуктовых цепочек и реализацию общей стратегии формирования технико-технологической базы интегрированного формирования. Обеспечив резкий рост концентрации производства и усилив рыночное влияние на локальных рынках, агрохолдинги продемонстрировали способность резко нарастить объемы производства сельскохозяйственной продукции и продуктов ее переработки за счет реализации крупных инновационно-инвестиционных проектов, став основными получателями средств государственной поддержки, объемы которой резко увеличились с принятием Национального проекта «Развитие АПК», позже трансформированного в Государственную программу развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия.

В настоящее время именно интегрированные агропромышленные формирования холдингового типа составляют основу крупнотоварного сектора агропродовольственного комплекса, обеспечивая продовольственную безопасность страны по таким видам сельскохозяйственной продукции, как зерно, подсолнечник, сахарная свекла, молоко, мясо свиней и птицы и яйцо. Вместе с тем необходимо отметить, что потенциал развития данной модели интеграционных взаимодействий в агропродовольственном комплексе начал себя исчерпывать. Уровень концентрации производства достиг такого уровня, когда на рост затрат на управление интегрированным формированием и обеспечение межзвенных и межсубъектных взаимодействий стал сопоставим с эффектом, полученным за счет агропромышленной интеграции. Кроме того, холдинговая модель была высоко эффективна на растущих рынках, когда рост объемов производства вел к пропорциональному росту получаемых доходов.

В условиях насыщения не только локальных, но российского рынка большинством видов сельскохозяйственной продукции при ограниченном внутреннем спросе и определенных проблемах организации вывоза продовольственных ресурсов за границы России, изменения институциональной среды требуется переориентация интегрированных формирований на новую модель развития, связанную, в первую очередь, не с ростом объемов производства, а со снижением ее себестоимости, углублением переработки сельскохозяйственного сырья, развитием производственной и рыночной инфра-

структуры, внедрением цифровых технологий и цифровизацией системы интеграционных взаимодействий. Кроме того, в качестве одной из функций перспективной модели интеграционных взаимодействий можно выделить «мягкое» вхождение государства в систему управления интегрированными объединениями, контролирующими экономические пространства локализованных территорий с целью реализации целей территориально-отраслевого развития. И значимость данной функции объективно возрастает, поскольку именно государство как макрорегулятор процессов экономического развития, в том числе и процессов агропромышленной интеграции, должно не допускать монополизации локализованных экономических пространств крупными интегрированными формированиями, делегировать им обязательства ответственности за социально-экономическое развитие сельских территорий, составляющих пространственный базис территориально-отраслевых систем, и обеспечивать компромисс их экономических интересов и интересов сельских сообществ и территориальных образований.

Широкий круг исследователей в качестве одной из перспективных моделей организации интеграционных взаимодействий в агропродовольственном комплексе предлагает выделять продуктовый кластер, в рамках которого устанавливаются вертикальные и горизонтальные интеграционные отношения на принципах, создающих предпосылки обеспечения взаимовыгодного взаимодействия субъектов, интегрированных в цепочки создания добавленной стоимости на локализованных территориях, и балансирования их интересов [5, 6, 12, 19]. В контексте данного подхода кластерная модель интеграционных взаимодействий рассматривается как инновационный инструмент построения отношений между субъектами, интегрирующимися в рамках агропродовольственного комплекса и осуществляющих организационно-экономическое и технологическое взаимодействие в пределах локализованных территориально-отраслевых образований. При этом предметная область исследования проблем формирования и развития экономических кластеров определяется как совокупность межсубъектных связей, возникающих в цепочках создания добавленной стоимости в рамках разделения труда и специализации отдельных субъектов, представляющих их различные звенья, но выходящие за границы интегрированных структур холдингового типа, осуществляющих деятельность в границах локализованных территорий и развивающих одну или несколько сопряженных отраслей. Реализация принципа добровольности вхождения в кластер предполагает выявление субъектов, объективно заинтересованных в интеграции в формирования кластерного типа за счет использования взаимовыгодных форм кластерных взаимодействий, неприменимых при иных моделях организации интеграционных взаимодействий.

Кластерная модель агропромышленной интеграции позволяет реализовать преимущество концентрации производства на локализованных территориях на основе возникновения устойчивой системы формальных и неформальных межсубъектных взаимосвязей взаимодействующих субъектов, обеспечивающих высокий уровень гибкости структур кластерного типа, рост эффективности отдельных структурных элементов. Кластерная модель представляет собой новый способ организации взаимодействия в рамках территориально-отраслевых систем и формирования их структуры [14].

Кластерная модель организации системы интеграционных взаимодействий в агропродовольственном комплексе базируется на совокупности теоретико-методологических положений, определяющих ее внутреннюю сущность:

- система кластерных взаимодействий требует формирования устойчивой совокупности субъектов агропродовольственного комплекса, связанных между собой в рамках цепочек создания добавленной стоимости и сконцентрированных в пределах отдельных территорий;

- кластерная модель относится к «мягким» формам интеграции, предполагающей сохранение экономической самостоятельности взаимодействующих субъектов и обес-

печивающей повышение их эффективности за счет возможности реализации экономических интересов каждого из них;

- при интеграции субъектов, развивающих множество отраслей, в структуры кластерного типа возникает объективная необходимость определения одного основного продуктового (отраслевого) направления и ряда дополнительных отраслей, которые будут развиваться наряду с базовой для продуктового кластера отраслью;

- кластерная модель предполагает определенную локализацию экономических пространств, размер и границы которых определяются на основе специфики территорий, уровня технологического развития различных звеньев продуктовых цепочек, качества институциональной среды и др.;

- в основе системы кластерных взаимодействий лежит консолидация их интересов субъектов, конкурирующих друг с другом, предполагающая установление горизонтальных интеграционных отношений, создающих условия концентрации ресурсов и усилий, направленных на преодоление барьеров, ограничивающих возможности развития субъектов, объединенных в рамках кластерной модели интеграции;

- кластерная модель предусматривает регулирующее воздействие государства на развитие структур кластерного типа в рамках государственно-частного партнерства, позволяющего балансировать интересы хозяйствующих субъектов, входящих в состав интеграционных формирований, и населения сельских территорий;

- реализация кластерной модели обеспечивает рост сбалансированности территориально-отраслевых образований и минимизацию диспропорций, присущих традиционным способам организации интегрированных структур, позволяя получать дополнительный эффект за счет снижения транзакционных издержек;

- обязательным атрибутом кластерной модели является специальный адаптационный механизм, обеспечивающий адекватность реакции структур кластерного типа на изменения среды функционирования и гибкость системы межсубъектных взаимодействий;

- основным источником возникновения синергетического эффекта является обеспечение баланса экономических интересов субъектов, вовлеченных в систему кластерных взаимодействий, на основе совершенствования системы внутрикластерных отношений и создания условий реализации общей инновационно-инвестиционной политики и рационального использования средств государственной поддержки, выделяемых в соответствии с программами развития территорий и отраслей;

- развитие кластерной модели интеграционных взаимодействий позволяет отдельным субъектам углублять свою специализацию, концентрируя ресурсы на развитии основных отраслей и точках роста, обеспечивающих возможность повышения устойчивости и эффективности операционной деятельности и воспроизводства производственных систем;

- формирование экономических кластеров осуществляется в ходе естественной эволюции системы интеграционных взаимодействий при возникновении условий, порождающих объективную необходимость трансформации межсубъектных взаимодействий и развития общей системы их инфраструктурного обеспечения при консолидации усилий по достижению единой цели развития.

Реализация кластерной политики в агропродовольственном комплексе предполагает обязательный учет этих положений и требует не только понимания сущности внутрикластерных взаимодействий, но и объективной оценки условий, позволяющих инициировать процессы кластеризации и формирования локализованных продуктовых кластеров.

Список источников

1. Волкова Ю.А., Драгун Н.П. Эффективность интеграции организаций в форме холдингов: пример Республики Беларусь // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2017. Т. 13, № 6 (351). С. 1045–1056. DOI: 10.24891/ni.13.6.1045.
2. Грачёв Б.В. Возможности и границы применения структурно-функционального подхода в отношении интеграционных объединений // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Политология. Религиоведение. 2018. Т. 26. С. 21–36. DOI: 10.26516/2073-3380.2018.26.21.
3. Губанов С. Неоиндустриализация плюс вертикальная интеграция (о формуле развития России) // Экономист. 2008. № 9. С. 3–27.
4. Денисова Н.В., Проскура Н.В. Развитие интеграционных процессов в системе АПК: тенденции, особенности, проблемы в рыночных условиях // Вестник НГИЭИ. 2019. № 6 (97). С. 39–51.
5. Иванова Е.В., Саяпин А.В. Кластеры и кластерная политика в АПК // Международный сельскохозяйственный журнал. 2018. № 5. С. 44–47.
6. Кудреватых Н. Агропродовольственный кластер: понятие, функции, условия и принципы формирования // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2011. № 2 (7). С. 113–118.
7. Кулеш В.А. Формирование интеграционных структур нового типа в региональных продовольственных системах // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2014. № 1 (50). С. 56–59.
8. Лобков К.Ю., Цветных А.В., Шапорова З.Е. Предпосылки и значение развития интегрированных структур АПК в современных экономических условиях // Социально-экономический и гуманитарный журнал Красноярского ГАУ. 2017. № 1 (5). С. 81–88.
9. Макаревич Л.О., Улезько А.В. Механизм обеспечения сбалансированности развития экономических систем // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т. 12, № 2(61). С. 208–215. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2019.2.208.
10. Макаревич Л.О., Улезько А.В., Реймер В.В. Формы взаимодействия субъектов агропромышленной интеграции // Экономика сельского хозяйства России. 2019. № 7. С. 53–59. DOI: 10.32651/197-53.
11. Макаревич Л.О., Улезько А.В. Холдинговая модель взаимодействия субъектов агропромышленной интеграции // Управление инновационным развитием агропродовольственных систем на национальном и региональном уровнях: матер. Междунар. науч.-практ. конф. Ч. I. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2019. С. 153–157.
12. Мыльников Е.А., Головина С.Г., Володина Н.Г., Смирнова Л.Н. Роль внутрикластерного взаимодействия в развитии регионального аграрного производства // Вестник Курганской государственной сельскохозяйственной академии имени Т.С. Мальцева. 2017. № 2 (22). С. 14–19.
13. Правкин И.М. Корпоративные структуры в развитии АПК // Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. 2015. № 4 (82). С. 45–49.
14. Савченко Т.В., Улезько А.В., Кравченко Н.Н. Управление производством масличных культур на основе кластерного подхода. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2013. 160 с.
15. Терновых К.С., Нечаев Н.Г., Измалков А.А. и др. Агропромышленные интегрированные формирования: состояние и перспективы развития : монография. Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2013. 245 с.
16. Терновых К.С., Нечаев Н.Г. Развитие интегрированных структур в АПК: проблемы и этапы решения // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2012. № 8. С. 53–56.
17. Фролова О.А., Кулькова Н.С. Проблемы и перспективы развития интегрированных структур в АПК // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2015. № 1 (20). С. 47–50.
18. Черданцев В.П., Заглядова М.Х. Организационно-экономическая модель управления развитием АПК региона в условиях открытого рынка // Агропродовольственная политика России. 2016. № 6(54). С. 54–57.
19. Чирков Е.П., Волкова Т.И. Зарубежный опыт формирования и развития агропромышленных кластеров и его адаптация в российскую практику // Агропродовольственная политика России. 2016. № 11(59). С. 17–23.
20. Шевцов В.В. Об интеграционной специфике российского АПК // Региональные проблемы преобразования экономики: интеграционные процессы и механизмы формирования: матер. IX Междунар. науч.-практ. конф. Махачкала : ИСЭИ ДНЦ РАН, 2018. С. 481–483.
21. Широкая Е.С., Мамонов О.В. Формы интеграции производителей сельскохозяйственной продукции // Агропродовольственная экономика. 2017. № 4. С. 24–33.

References

1. Volkova Yu.A., Dragun N.P. Effektivnost' integratsii organizacij v forme kholdingov: primer Respubliki Belarus' [The efficiency of integration of entities into holding companies: evidence from the Republic of Belarus]. *Nacional'nye interesy: priority i bezopasnost' = National Interests: Priorities and Security*. 2017;13(6):1045-1056. DOI: 10.24891/ni.13.6.1045. (In Russ.).
2. Grachev B.V. Vozmozhnosti i granitsy primeneniya strukturno-funkcional'nogo podkhoda v otnoshenii integratsionnykh ob'edinenij [The analysis of regional integration entities with the help of structural and functional approach: capabilities and limitations]. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Politologiya. Religiovedenie = The Bulletin of Irkutsk State University. Series Political Science and Religion Studies*. 2018;(26):21-36. DOI: 10.26516/2073-3380.2018.26.21. (In Russ.).
3. Gubanov S. Neoindustrializatsiya plus vertikal'naya integratsiya (o formule razvitiya Rossii) [Neoindustrialization plus vertical integration (on the formula for the development of Russia)]. *Ekonomist = Economist*. 2008;(9):3-27. (In Russ.).
4. Denisova N.V., Proskura N.V. Razvitie integratsionnykh processov v sisteme APK: tendentsii, osobennosti, problemy v rynochnykh usloviyakh [The development of integration processes in the agricultural sector: trends, characteristics and problems in market conditions]. *Vestnik NGIEI = Bulletin NGIEI*. 2019;6(97):39-51. (In Russ.).
5. Ivanova E.V., Sayapin A.V. Klastery i klasternaya politika v APK [Clusters and cluster policy in agrarian and industrial complex]. *Mezhdunarodnyj sel'skokhozyajstvennyj zhurnal = International Agricultural Journal*. 2018;(5):44-47. (In Russ.).
6. Kudrevatykh N. Agroproduktivnyy klaster: ponyatie, funktsii, usloviya i principy formirovaniya [Agrofood joint ventures: concept, functions, conditions and formation principles]. *Tekhnologiya i tovarovedenie innovatsionnykh pishchevykh produktov = Technology and the study of merchandise of innovative foodstuffs*. 2011;2(7):113-118. (In Russ.).
7. Kulesh V.A. Formirovanie integratsionnykh struktur novogo tipa v regional'nykh prodovol'stvennykh sistemakh [Formation of the integrated structures of a new type in the regional food systems]. *Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo social'no-ekonomicheskogo universiteta = Vestnik of Saratov State Socio-Economic University*. 2014;1(50):56-59. (In Russ.).
8. Lobkov K.Yu., Tsvetyskykh A.V., Shaporova Z.E. Predposylki i znachenie razvitiya integrirovannykh struktur APK v sovremennykh ekonomicheskikh usloviyakh [Background and value of development of integrated structures of agrarian and industrial complex in modern economic condition]. *Social'no-ekonomicheskij i gumanitarnyj zhurnal Krasnoyarskogo GAU = Social and Economic and Humanitarian Magazine of Krasnoyarsk SAU*. 2017;1(5):81-88. (In Russ.).
9. Makarevich L.O., Ulez'ko A.V. Mekhanizm obespecheniya sbalansirovannosti razvitiya ekonomicheskikh sistem [The mechanism for ensuring the balanced development of economic systems]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2019;2(61):208-215. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2019.2.208. (In Russ.).
10. Makarevich L.O., Ulez'ko A.V., Reimer V.V. Formy vzaimodejstviya sub'ektov agropromyshlennoj integratsii [The forms of interaction among the subjects of agro-industrial integration]. *Ekonomika sel'skogo khozyajstva Rossii = Economics of Agriculture of Russia*. 2019;(7):53-59. DOI: 10.32651/197-53. (In Russ.).
11. Makarevich L.O., Ulez'ko A.V. Holdingovaya model' vzaimodejstviya sub'ektov agropromyshlennoj integratsii [Holding model of interaction of subjects of agro-industrial integration]. *Upravlenie innovatsionnym razvitiem agroproduktivnykh sistem na nacional'nom i regional'nom urovnyakh: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii. Ch. I. [Management of innovative development of agro-food systems at national and regional levels: Proceedings of International scientific and practical conference. Part I]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2019:153-157. (In Russ.).*
12. Mylnikov E.A., Golovina S.G., Volodina N.G., Smirnova L.N. Rol' vnutriklasternogo vzaimodejstviya v razvitii regional'nogo agrarnogo proizvodstva [Role of the intra-cluster interaction in development of regional agrarian production]. *Vestnik Kurganskoy gosudarstvennoj sel'skokhozyajstvennoj akademii imeni T.S. Mal'tseva = Vestnik of Kurgan SAA*. 2017;2(22):14-19. (In Russ.).
13. Pravkin I.M. Korporativnye struktury v razvitii APK [Corporate structures in developing the Agro-Industrial Complex]. *Vestnik Rossijskogo ekonomicheskogo universiteta imeni G.V. Plekhanova = Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics*. 2015;4(82):45-49. (In Russ.).
14. Savchenko T.V., Ulez'ko A.V., Kravchenko N.N. Upravlenie proizvodstvom maslichnykh kul'tur na osnove klasternogo podkhoda [Management of oilseed production based on the cluster approach]. *Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2013. 160 p. (In Russ.).*
15. Ternovykh K.S., Nechaev N.G., Izmalkov A.A., et al. Agropromyshlennyye integrirovannyye formirovaniya: sostoyanie i perspektivy razvitiya [Agro-industrial integrated formations: state and prospects of development]. *Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2013. 245 p. (In Russ.).*

16. Ternovyykh K.S., Nechaev N.G. Razvitie integrirovannykh struktur v APK: problemy i etapy resheniya [Development of integrated structures in the AIC: problems and phases of resolving]. *Ekonomika sel'skokhozyajstvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatij = Economy of Agricultural and Processing Enterprises*. 2012;(8):53-56. (In Russ.).
17. Frolova O.A., Kulkova N.S. Problemy i perspektivy razvitiya integrirovannykh struktur v APK [Problems and prospects of development of integrated structures in agriculture]. *Vektor nauki Tol'yatinskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i upravlenie = Science Vector of Togliatti State University. Series: Economics and Management*. 2015;1(20):47-50. (In Russ.).
18. Cherdantsev V.P., Zaglyadova M.Kh. Organizatsionno-ekonomicheskaya model' upravleniya razvitiem APK regiona v usloviyakh otkrytogo rynka [Organizational and economic model of managing the development of the Agro-Industrial Complex of the region in the conditions of an open market]. *Agroproduktov'stvennaya politika Rossii = Agro-food Policy in Russia*. 2016;6(54):54-57. (In Russ.).
19. Chirkov E.P., Volkova T.I. Zarubezhnyy opyt formirovaniya i razvitiya agropromyshlennykh klasterov i ego adaptatsiya v rossijskuyu praktiku [Foreign experience of the formation and development of agro-industrial clusters and its adaptation to Russian practice]. *Agroproduktov'stvennaya politika Rossii = Agro-food Policy in Russia*. 2016;11(59):17-23. (In Russ.).
20. Shevtsov V.V. Ob integratsionnoj specifikke rossijskogo APK [On the integration particular features of the Russian AIC. Regional'nye problemy preobrazovaniya ekonomiki: integratsionnye processy i mekhanizmy formirovaniya: materialy IX mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoy konferentsii = Regional problems of economic transformation: integration processes and mechanisms of formation: Proceedings of IX International Scientific and Practical Conference. Makhachkala: Institute of Socio-Economic Research of Daghestan Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences Press. 2018:481-483. (In Russ.).
21. Shirotskaya E.S., Mamonov O.V. Formy integratsii proizvoditelej sel'skokhozyajstvennoj produktsii [Forms of integration of producers of agricultural products]. *Agroproduktov'stvennaya ekonomika = Agro production and economics*. 2017;(4):24-33. (In Russ.).

Информация об авторах

А.В. Улезько – доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой информационного обеспечения и моделирования агроэкономических систем ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», arle187@rambler.ru, iomas@agroeco.vsau.ru.

А.П. Курносков – доктор экономических наук, профессор кафедры информационного обеспечения и моделирования агроэкономических систем ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», iomas@agroeco.vsau.ru.

Т.В. Савченко – доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела предпринимательства и кооперации ФГБНУ «Научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-Черноземного района» – филиала ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр имени В.В. Докучаева», niieoapk-opik@yandex.ru.

К.Д. Недиков – магистрант кафедры информационного обеспечения и моделирования агроэкономических систем ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», iomas@agroeco.vsau.ru.

Information about the authors

A.V. Ulez'ko, Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the Dept. of Information Support and Modeling of Economic Systems in Agriculture, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, arle187@rambler.ru, iomas@agroeco.vsau.ru.

A.P. Kurnosov, Doctor of Economic Sciences, Professor, the Dept. of Information Support and Modeling of Economic Systems in Agriculture, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, iomas@agroeco.vsau.ru.

T.V. Savchenko, Doctor of Economic Sciences, Professor, Chief Research Scientist, the Division of Entrepreneurship and Cooperation, 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, niieoapk-opik@yandex.ru.

K.D. Nedikov, Master's Degree Student, the Dept. of Information Support and Modeling of Economic Systems in Agriculture, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, iomas@agroeco.vsau.ru.

Статья поступила в редакцию 24.09.2021; одобрена после рецензирования 28.10.2021; принята к публикации 20.11.2021.

The article was submitted 24.09.2021; approved after revision 28.10.2021; accepted for publication 20.11.2021.

© Улезько А.В., Курносков А.П., Савченко Т.В., Недиков К.Д., 2021

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НАРОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ (ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 332.021

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2021_4_110

Сравнительная оценка эффективности использования земельных ресурсов хозяйствующими субъектами аграрной сферы Воронежской области

Зинаида Петровна Меделеева^{1✉}, Максим Евгеньевич Киселев²

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

¹medelaeva@mail.ru✉

Аннотация. Выполнен сравнительный анализ использования земельных ресурсов в районах Воронежской области, находящихся в разных природно-сельскохозяйственных зонах: лесостепной (Аннинский район) и степной (Россошанский район). Кроме обеспеченности районов осадками, сумм активных температур и эффективной температуры воздуха, учитывались обеспеченность посевных площадей минеральными и органическими удобрениями, качество семенного материала, использование средств защиты. Показано, что не всегда более высокие затраты на возделывание сельскохозяйственных культур ведут к значительному росту урожайности. Важно, чтобы вносимые минеральные и органические удобрения, растительные остатки использовались по максимуму, для чего требуется применять комплекс биологических и техногенных приемов, способствующих повышению плодородия почвы, а следовательно, и урожайности сельскохозяйственных культур. Не всегда поверхностное распределение удобрений и растительных остатков (что свойственно минимальным обработкам почвы) приводит к увеличению содержания гумуса и росту урожайности. Выявленные значения показателей использования пашни позволили определить эффективность возделывания основных сельскохозяйственных культур через показатели урожайности и затрат на 1 га посева, а также рассчитать эффективность сельскохозяйственного производства в сфере растениеводства (зерновые и зернобобовые, сахарная свёкла, подсолнечник). Результаты исследования показали, что формирование себестоимости 1 ц продукции в большей мере определяется затратами на производство: темпы роста урожайности не всегда соответствуют темпам роста затрат на 1 га (в большинстве случаев ниже). Значимым фактором, определяющим эффективность продаж сельскохозяйственных культур, является цена реализации, зависящая от каналов реализации, сроков продажи, качества продукции. Стоимостные показатели эффективности использования земельных ресурсов не всегда коррелируют с натуральными показателями.

Ключевые слова: эффективность, сельскохозяйственные культуры, затраты на 1 га, рентабельность, природно-сельскохозяйственные зоны

Для цитирования: Меделеева З.П., Киселев М.Е. Сравнительная оценка эффективности использования земельных ресурсов хозяйствующими субъектами аграрной сферы Воронежской области // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14, № 4(71). С. 110–117. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_110-117.

ECONOMICS AND MANAGEMENT OF THE NATIONAL ECONOMY (ECONOMIC SCIENCES)

Original article

Comparative assessment of the efficiency of land resources use by economic entities of the agrarian sector of Voronezh Oblast

Zinaida P. Medelyaeva^{1✉}, Maksim E. Kiselev²

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

¹medelaeva@mail.ru✉

Abstract. The authors have performed a comparative analysis of use of land resources in the districts of Voronezh Oblast located in different natural and agricultural zones, i.e. forest-steppe (Anninsky District) and steppe (Rossoshansky District). In addition to precipitation, the sum of active temperatures and the effective air temperature in the districts, the authors took into account the provision of mineral and organic fertilizers to the areas under crops, the quality of seed material, and the use of protective agents. It has been shown that higher costs for the cultivation of agricultural crops not always lead to a significant increase in productivity. It is important that the applied mineral and organic fertilizers and plant residues are used to their maximum, which requires the use of a complex of biological and human-induced methods that contribute to an increase in soil fertility, and, consequently, crop yields. Not always the superficial distribution of fertilizers and plant residues (which is characteristic of minimal tillage) leads to an increase in humus and yield increase. The identified values of indicators of arable land use allowed determining the efficiency of cultivation of the main agricultural crops through the indicators of yield

and costs per 1 hectare of sowing, as well as calculating the efficiency of agricultural production in the field of crop production (e.g. cereals and legumes, sugar beet, sunflower). The results of research showed that the formation of cost of 1 centner of products is largely determined by production costs; the rate of yield increase does not always correspond to the growth rate of costs per 1 hectare (in most cases it is lower). A significant factor that determines the efficiency of sales of agricultural crops is the selling price, which depends on the sales channels, sales terms, and product quality. Cost indicators of efficiency of land use do not always correlate with physical indicators.

Keywords: efficiency, agricultural crops, costs per 1 hectare, profitability, natural and agricultural zones

For citation: Medelyaeva Z.P., Kiselev M.E. Comparative assessment of the efficiency of land resources use by economic entities of the agrarian sector of Voronezh Oblast. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2021;14(4):110-117. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_110-117.

Введение
Сельхозтоваропроизводители Центрально-Черноземного региона выращивают разнообразные сельскохозяйственные культуры: зерновые, сахарную свеклу, подсолнечник, сою, рапс, кормовые культуры. Основной целью сельхозтоваропроизводителей является получение максимального эффекта от используемых земельных ресурсов. При выполнении исследований по эффективности использования земельных ресурсов ставятся задачи изучения состава и структуры земельного фонда, натуральных и стоимостных показателей эффективности их использования, факторов, определяющих тенденции изменения этих показателей [5].

Эффективность использования сельскохозяйственных угодий определяется множеством показателей натуральных: (урожайность, производство сельскохозяйственной продукции в расчете на 100 га пашни или сельхозугодий), стоимостных (сумма валового дохода, чистого дохода, прибыли на 100 га сельхозугодий), относительных (рентабельность, удельный вес интенсивных культур в общей площади пашни и др.). Необходимо отметить, что во многом данные показатели взаимообусловлены: чем выше урожайность, тем больше прибыль в расчете на 100 га пашни, выше рентабельность. Однако указанная зависимость может и не проявляться, что определяется разным уровнем интенсификации (затрат в расчете на 1 га), разными ценами реализации произведенной продукции. Так, увеличение затрат на 1 га способствует, с одной стороны, росту урожайности, а с другой – увеличению себестоимости производимой продукции, что отрицательно сказывается на финансовом результате (прибыли). Натуральные показатели во многом определяются месторасположением участка, качеством земель, природно-климатическими условиями той или иной зоны. С учетом этого сравнительную эффективность использования земельных ресурсов предприятия необходимо определять с учетом всех перечисленных факторов.

В Воронежской области выделяются две климатические зоны – лесостепная и степная. Граница определяется линией оптимального увлажнения. Южнее линии преобладает некоторый дефицит осадков, увлажнение недостаточно для широкого развития лесной растительности. В лесостепной зоне расположены Новоусманский, Хохольский, Семилукский, Рамонский, Нижнедевицкий, Аннинский, Каширский, Бобровский, Репьевский, Панинский, Таловский, Верхнехавский районы и др.

Степная зона включает в себя Подгоренский, Воробьевский, Каменский, Поворинский, частично Лискинский, Острогожский, Павловский, Ольховатский, Новохоперский, Верхнемамонский, Борисоглебский, Бутурлиновский, Кантемировский, Богучарский, части Россошанского, Калачеевского, Ольховатского и Петропавловского районов [3].

Методы исследований

В процессе исследования использовались такие общенаучные методы исследования, как системность и комплексность, анализ и синтез, обобщение, аналогия, классификация, конкретизация, индукция и дедукция, сравнение, описание объектов исследо-

вания и полученных результатов. Для изучения применялись элементы монографического, статистико-экономического и расчетно-конструктивного методов экономического исследования.

Результаты и их обсуждение

Из погодных условий значимыми факторами являются сумма активных температур и эффективная температура воздуха. Сумма активных температур – показатель, характеризующий количество тепла и выражающийся суммой средних суточных температур воздуха, превышающий заданный предел, например, 0, 5, 10°C. В качестве данного показателя может выступать биологический минимум температуры, необходимой для развития определенного растения [3, 8]. Указанные величины по анализируемым зонам на конец июня-июля по данным среднесуточных наблюдений составляют: зона Аннинского района – 1142–1767°C, зона Россошанского района – 1266–1938°C. Эти величины характеризует период активной вегетации сельскохозяйственных культур. Эффективная температура воздуха – это температура выше нижнего предела потребности в тепле, установленного для определенного периода развития растения. При температуре ниже этого предела развитие растений не происходит или приостанавливается, при температуре выше определенного предела рост растений становится эффективным. Для большинства сельскохозяйственных культур нижний предел эффективных температур колеблется около 5 °C [3].

Важным показателем для ЦЧР является количество осадков, которое сильно разнится по зонам области (табл. 1).

Таблица 1. Повторяемость атмосферных засух по ГТК Селянинова Г.Т., % [3]

Станции	Градации	V	VI	VII	VIII	IX
Анна	Очень засушливо	33	12	19	29	33
	Недостаточно влажно	38	31	38	48	21
	Избыточно влажно	29	57	43	23	46
Богучар	Очень засушливо	43	29	31	38	41
	Недостаточно влажно	38	24	31	43	21
	Избыточно влажно	19	47	38	19	38

Более половины земель сельскохозяйственного назначения (59%), в т. ч. пашни, в Воронежской области находится в лесостепной зоне. Земли отличаются по баллу бонитета и удобренности. Если первый определяется в основном качеством земель, то второй – участием собственника в улучшении плодородия земельного участка. По землям северо-западной микрзоны области показатели внесения минеральных и органических удобрений выше и составляют 98%. В целом по региону данный показатель в 2019 г. – 75%.

В степной природно-сельскохозяйственной зоне удобренность минеральными и органическими удобрениями составила 81%. Сельхозтоваропроизводители степной зоны заинтересованы в поддержании почвенного плодородия используемых земель. Зная, что балл бонитета в степной зоне значительно ниже (67,0), чем в лесостепной зоне (75,1), товаропроизводители стремятся поддержать воспроизводственный процесс земельных ресурсов.

Как показывают исследования, в лесостепной зоне сельскохозяйственные угодья используются, как правило, более эффективно, о чем свидетельствуют данные по урожайности основных сельскохозяйственных культур. В лесостепной зоне она выше, чем в степной: зерновых и зернобобовых – на 5 ц/га; подсолнечника – на 35; сахарной свёклы – на 2 ц/га [1, 2].

Авторами более детально проанализированы показатели использования земельных ресурсов по отдельным предприятиям Аннинского и Россошанского районов Воронежской области, находящимся в различных климатических зонах (табл. 2).

Таблица 2. Натуральные показатели использования земельных ресурсов по отдельным сельхозтоваропроизводителям и районам Воронежской области

Показатели	Аннинский район (лесостепная зона)			Россошанский район (степная зона)			Воронежская область
	ОАО «Новонадежденское»	ООО «Агротех-Гарант Пугачевский»	В среднем по району	ООО «Россошанская Нива»	ООО «Берег»	В среднем по району	
2018 г.							
Урожайность, ц/га:							
зерновых	46,1	57,8	41,1	29,4	34,9	30,1	32,5
сахарной свеклы	-	514	472	204,2	395,6	371,2	394,0
подсолнечника	22,1	29,2	27,3	29,0	30,4	25,2	26,7
Произведено на 100 га пашни, ц:							
зерна	3014	1947	1667	857	1800	1629	1565
сахарной свеклы	-	7114	2743	636	2434	1405	1670
подсолнечника	315	485	425	212	308	400	378
2019 г.							
Урожайность, ц/га:							
зерновых	32,4	34,6	35,4	29,8	36,3	33,3	32,2
сахарной свеклы	-	478	510,0	-	401,2	415,6	490,4
подсолнечника	46,0	28,3	33,0	28,7	23,6	24,0	29,8
Произведено на 100 га пашни, ц:							
зерна	1878	1517	1462	886	1745	1568	1708
сахарной свеклы	-	7287	2978	-	-	1251	2135
подсолнечника	549	408	521	211	1354	331	394

Источник: рассчитано авторами.

Несмотря на то, что в степной зоне количество осадков значительно меньше (451-484 мм) по сравнению с западным лесостепным районом, где они составляют от 545 мм в Нижнедевицке и до 559 в Рамони, урожайность основных сельскохозяйственных культур в Россошанском районе по сравнению с Аннинским районом ниже незначительно. По отдельным культурам и в отдельные годы у сельхозтоваропроизводителей степной зоны показатели выше, чем у сельхозпредприятий лесостепной зоны (подсолнечник в 2018 г., зерновые в 2019 г. по ООО «Берег»).

На всей территории Воронежской области вероятность возникновения засушливых и очень засушливых условий в мае превышает 60%, а в южных районах увеличивается до 70-80% [3, 9].

Рассмотрим значимый фактор, влияющий на результативность использования земельных ресурсов – интенсификацию отрасли растениеводства в анализируемых районах области (табл. 3).

Таблица 3. Показатели интенсификации отраслей растениеводства

Факторные показатели уровня интенсификации отрасли	Аннинский район в среднем		Россошанский район в среднем	
	2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.
Зерновые				
Производственные затраты на 1 га площади посева, руб.	30 660	31 350	22 668	25 096
Стоимость удобрений на 1 га посева, руб.	3 814	4 754	4 116	3 308
Стоимость семян на 1 га посева, руб.	3 041	3 118	24 886	2 983
Стоимость средств защиты на 1 га посева, руб.	3 577	3 518	1 677	2 099
Затраты труда на 1 га посева, чел.-ч	13,4	12,7	10,2	11,8
Сахарная свекла				
Производственные затраты на 1 га площади посева, руб.	91 778	104 746	64 464	69 712
Стоимость удобрений на 1 га посева, руб.	148 844	17 308	10 330	8 355
Стоимость семян на 1 га посева, руб.	6 389	6 816	5 178	8 037
Стоимость средств защиты на 1 га посева, руб.	16 561	19 903	7041	11 916
Затраты труда на 1 га посева, чел.-ч	28,9	29,7	13,4	20,5
Подсолнечник				
Производственные затраты на 1 га площади посева, руб.	32 517	39 140	26 334	29 010
Стоимость удобрений на 1 га посева, руб.	3 046	4 583	13 205	4 059
Стоимость семян на 1 га посева, руб.	4 651	4 907	19 509	4 422
Стоимость средств защиты на 1 га посева, руб.	2 629	3 321	3 937	1 778
Затраты труда на 1 га посева, чел.-ч	22,8	15,9	17,8	17,3

Источник: рассчитано авторами по данным годовых отчетов сельхозпредприятий.

Как свидетельствуют данные таблицы 3, по сельхозпредприятиям Аннинского района по всем сельскохозяйственным культурам затраты на 1 га выращивания превышают показатели Россошанского района. Таким образом, при менее благоприятных условиях, при более низких затратах на семена, удобрения, средства защиты, эффективность использования земельных ресурсов в Россошанском районе незначительно ниже, чем в Аннинском. Таким образом, производственные показатели зависят не только от указанных факторов, а определяются и технологией производства. Важно использовать комплекс биологических и техногенных приемов, способствующих повышению плодородия почвы, а следовательно, и урожайности сельскохозяйственных культур. По мнению авторов, поверхностное распределение удобрений и растительных остатков при проведении минимальных обработок почвы приводит к увеличению нерациональных потерь по сравнению с отвальной обработкой на глубину 20-22 см. Следовательно, необходима и отвальная обработка, повышающая содержание гумуса в слое почвы на вариантах комбинированной разнотравной вспашки в севооборотах при внесении обоснованных доз удобрений, правильное составление севооборотов [4, 7, 10].

Как уровень затрат на 1 га, определяющий (наравне с урожайностью) себестоимость 1 ц продукции, так и цены реализации формируют финансовый результат от производства и продажи сельскохозяйственной продукции. Нами проведен сравнительный анализ эффективности отраслей растениеводства анализируемых районов области (табл. 4).

Таблица 4. Результативные показатели отраслей растениеводства
Аннинского и Россошанского районов

Факторные показатели уровня интенсификации отрасли	Аннинский район в среднем			Россошанский район в среднем		
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Прибыль, руб., в расчете:						
на 1 га пашни	4314	6619	5034	3437	6362	3554
на 1 чел.-ч затрат труда в растениеводстве	343	410	326	259	551	300
на 100 руб. затрат в растениеводстве	15,80	20,00	17,3	15,70	288,6	15,4
Уровень рентабельности, %	21,2	27,44	20,4	18,7	32,1	20,4

Источник: рассчитано авторами по данным годовых отчетов сельхозпредприятий.

За анализируемые годы в растениеводстве нет четкой тенденции прибыли в расчете на 1 га пашни. В 2019 году значение в расчете на 1 га пашни снизилось на 26% по Аннинскому району и на 44% по Россошанскому по сравнению с 2018 г. Уровень рентабельности из-за более низкой себестоимости по сахарной свекле, подсолнечнику и более высоким ценам продаж по зерну, сахарной свекле в 2018 г. выше по Россошанскому району (32% против 27%). В 2019 г. вследствие более низкой урожайности и роста себестоимости производимой продукции в Россошанском районе, показатель рентабельности составлял 20%.

Рост урожайности зерновых и сахарной свеклы обеспечил снижение себестоимости этих видов продукции по Россошанскому району в 2019 г. Однако снижение цены реализации по сахарной свекле и подсолнечнику повлияло на эффективность производства и реализации сельскохозяйственной продукции отрицательно. По Аннинскому району ситуация с ценами аналогична, но, кроме этого, наблюдается и рост себестоимости всех анализируемых видов сельскохозяйственной продукции как за счет снижения урожайности, так и за счет роста затрат на 1 га (табл. 5).

Таблица 5. Себестоимость и цены реализации сельскохозяйственной
продукции по Аннинскому и Россошанскому районам

Виды продукции	Аннинский район в среднем			Россошанский район в среднем		
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Себестоимость 1 ц						
Зерно	534	738	858	528	745	748
Сахарная свекла	152	195	205	162	188	168
Подсолнечник	1211	1191	1204	1284	1018	1206
Цена реализации 1 ц						
Зерно	645	855	989	712	907	980
Сахарная свекла	165	243	147	190	258	152
Подсолнечник	1740	2027	1840	1686	1889	1758

Источник: рассчитано авторами по данным годовых отчетов сельхозпредприятий.

Эффективность производства отрасли в целом во многом определяется структурой производства продукции, увеличением объемов производства более маржинальных видов продукции [6].

Выводы

Проведенное исследование не показало четкой зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от расположения сельхозтоваропроизводителей по сельскохозяйственным зонам региона. Кроме того, не всегда наблюдается зависимость урожайности от произведенных затрат в расчете на 1 га, что свидетельствует о влиянии других факторов, в т. ч. организационного характера.

Значимым фактором является цена реализации, которая за один и тот же год колеблется по анализируемым районам, во многом определяя эффективность производства и реализации продукции.

Список источников

1. Бухтояров Н.И., Терновых К.С., Зотова К.Ю. Анализ состояния и использования земель сельскохозяйственного назначения Воронежской области // Международный сельскохозяйственный журнал. 2020. Т. 63, № 2. С. 11. DOI: 10.24411/2588-0209-2020-10154.
2. Зотова К.Ю., Бухтояров Н.И., Недикова Е.В. Эффективность использования сельскохозяйственных угодий Воронежской области в разрезе природно-сельскохозяйственных зон // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2020. Т. 13, № 3(66). С. 209–215. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.3.209.
3. Климат Воронежской области. Климатические районы. URL: <https://priroda36.ru/klimat-voronezhskoj-oblasti/klimaticheskie-rajony> (дата обращения 29.07.2021). (In Russ.).
4. Коржов С.И., Трофимова Т.А., Маслов В.А. Оценка различных способов использования черноземов // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2011. № 3. С. 27–30.
5. Ляшко С.М., Пашков В.В. Диверсификация производства как фактор повышения эффективности деятельности организации // Управленческие и маркетинговые аспекты развития субъектов АПК и агропродовольственного рынка: материалы всероссийской научно-практической конференции (Воронеж, Воронежский ГАУ, 09–11 ноября 2016 г.). Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. С. 124–127.
6. Медеяева З.П., Киселев М.Е. Конкурентоспособность, диверсификация сельскохозяйственного производства и эффективность использования земельных ресурсов // Новые векторы развития АПК и сельских территорий: материалы национальной научно-практической конференции, посвященной 90-летию института. Воронеж : НИИЭОАПК ЦЧР, 2021. С. 67–71.
7. Медеяева З.П. Организационно-экономические аспекты повышения продуктивности и эффективности использования сельскохозяйственных земель // Проблемы рационального использования земельных ресурсов в сельском хозяйстве : материалы Международной науч.-практ. конф. Москва: ООО «НИПКЦ Восход-А», 2013. С. 232–236.
8. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Том II. Последствия изменений климата // Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Москва, 2008. URL: <http://climate2008.igce.ru/v2008/hm/index00.htm>.
9. Трофименко Л.Т., Коршунова Н.Н., Аристова Л.Н. Влияние изменения климата на развитие растениеводства в Воронежской области. URL: <http://meteo.ru/126-trudy-vniigmi/trudy-vniigmi-mts-d-vypusk-178-2014-g/527-vliyanie-izmenenij-klimata-na-razvitie-rastenievodstva-v-voronezhskoj-oblasti> (дата обращения 29.07.2021).
10. Трофимова Т.А., Коржов С.И., Пичугин А.П., Котов Г.В. Показатели плодородия черноземов под влиянием длительного применения различных обработок почвы и удобрений // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2016. №3(50). С. 32–39.

References

1. Bukhtoiarov N.I., Ternovykh K.S., Zotova K.Yu. Analiz sostoyaniya i ispol'zovaniya zemel' sel'skokhozyajstvennogo naznacheniya Voronezhskoj oblasti [Analysis of the state and use of agricultural land in the Voronezh Region]. *Mezhdunarodnyj sel'skokhozyajstvennyj zhurnal = International Agricultural Journal*. 2020;63(2):11. DOI: 10.24411/2588-0209-2020-10154. (In Russ.).
2. Zotova K.Yu., Bukhtoiarov N.I., Nedikova E.V. Effektivnost' ispol'zovaniya sel'skokhozyajstvennykh ugodij Voronezhskoj oblasti v razreze prirodno-sel'skokhozyajstvennykh zon [Efficiency of the use of agricultural land in Voronezh Oblast in the context of natural and agricultural zones]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2020;13(3):209-215. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.3.209. (In Russ.).

3. Klimat Voronezhskoj oblasti. Klimaticheskie rajony [The climate of Voronezh Oblast. Climatic areas]. URL: <https://priroda36.ru/klimat-voronezhskoj-oblasti/klimaticheskie-rajony>.
4. Korzhov S.I., Trofimova T.A., Maslov V.A. Otsenka razlichnykh sposobov ispol'zovaniya chernozemov [Evaluation of various ways of using chernozem soil]. *Vestnik Rossijskoj akademii sel'skokhozyajstvennykh nauk = Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2011;3:27-30. (In Russ.).
5. Lyashko S.M., Pashkov V.V. Diversifikatsiya proizvodstva kak faktor povysheniya effektivnosti deyatel'nosti organizatsii [Diversification of production as a factor of increasing the operating efficiency of the organization]. Upravlencheskie i marketingovye aspekty razvitiya sub'ektov APK i agropredovol'stvennogo rynka: materialy vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii (Voronezh, Voronezhskij GAU, 09-11 noyabrya 2016) [Managerial and marketing aspects of the development of Agro-Industrial Complex and agro-food market: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference (Voronezh, Voronezh State Agrarian University, November 09-11, 2016). Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2016: 124-127. (In Russ.).
6. Medelyaeva Z.P., Kiselev M.E. Konkurentosposobnost', diversifikatsiya sel'skokozyajstvennogo proizvodstva i effektivnost' ispol'zovaniya zemel'nykh resursov [Competitiveness, diversification of agricultural production and efficiency of land resources use]. Novye vektory razvitiya APK i sel'skikh territorij: materialy nacional'noj nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoj 90-letiyu instituta [New vectors of Agro-Industrial Complex and rural territories development: proceedings of the national scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of the Institute]. Voronezh : NIIEOPK CChR Press, 2021:67-71. (In Russ.).
7. Medelyaeva Z.P. Organizatsionno-ekonomicheskie aspekty povysheniya produktivnosti i effektivnosti ispol'zovaniya sel'skokhozyajstvennykh zemel' [Organizational and economic aspects of increasing productivity and efficiency of agricultural land use]. Problemy racional'nogo ispol'zovaniya zemel'nykh resursov v sel'skom khozyajstve : materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii [Problems of rational use of land resources in agriculture : proceedings of the International Scientific and Practical Conference]. Moscow: OOO «NIPKTS Voskhod-A» Press, 2013:232-236. (In Russ.).
8. Ocenochnyj doklad ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossijskoj Federatsii. Tom II. Posledstviya izmenenij klimata [Assessment report on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation. General Summary. Vol. II. Effects of climate change]. Federal'naya sluzhba po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchej sredy (Rosgidromet) [Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring (Roshydromet)]. Moscow, 2008. URL: <http://climate2008.igce.ru/v2008/htm/index00.htm>. (In Russ.).
9. Trofimenko L.T., Korshunova N.N., Aristova L.N. Vliyanie izmeneniya klimata na razvitie rastenievodstva v Voronezhskoj oblasti [The impact of climate change on the development of crop production in Voronezh Oblast]. URL: <http://meteo.ru/126-trudy-vniigmi/trudy-vniigmi-mtsdy-vypusk-178-2014-g/527-vliyanie-izmenenij-klimata-na-razvitie-rastenievodstva-v-voronezhskoj-oblasti>. (In Russ.).
10. Trofimova T.A., Korzhov S.I., Pichugin A.P., Kotov G.V. Pokazateli plodorodiya chernozemov pod vliyaniem dlitel'nogo primeneniya razlichnykh obrabotok pochvy i udobrenij [Indicators of fertility of chernozem soil under the influence of prolonged use of various soil treatment and fertilizers]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2016;3(50):32-39. (In Russ.).

Информация об авторах

З.П. Меделяева – доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой экономики АПК ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

М.Е. Киселев – аспирант кафедры экономики АПК ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Information about the authors

Z.P. Medelyaeva, Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the Dept. of Economics in Agro-Industrial Complex, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

M.E. Kiselev, Postgraduate Student, the Dept. of Economics in Agro-Industrial Complex, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Статья поступила в редакцию 05.10.2021; одобрена после рецензирования 18.11.2021; принята к публикации 20.11.2021.

The article was submitted 05.10.2021; approved after revision 18.11.2021; accepted for publication 20.11.2021.

© Меделяева З.П., Киселев М.Е., 2021

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НАРОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ (ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 368.5(470)

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2021_4_118

Разработка и внедрение программ индексного страхования урожайности сельскохозяйственных культур в практику российского страхового рынка

Оксана Алексеевна Образцова^{1✉}

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

¹dacha03@mail.ru✉

Аннотация. Проведен анализ применения программ индексного страхования урожайности сельскохозяйственных культур как одного из направлений концептуального подхода развития страхования в аграрной сфере. Изучены особенности проведения индексного страхования урожайности, сделано заключение о возможности и необходимости их разработки и внедрения в практику российского страхового рынка. Рассмотрено состояние механизма страхования сельскохозяйственного производства на современном этапе и выявлено, что около 50% хозяйств, вовлеченных в процесс страхования, работают на территории ЦФО, а лидирующие позиции занимает Воронежская область. Среди наиболее страхуемых культур были выделены зерновые, при этом необходимо отметить, что специализируется наш регион на выращивании озимой пшеницы. Данная культура в условиях ЦЧР показывает хорошие результаты, но урожайность ее подвержена влиянию множества рисков природного характера. Индексное страхование урожая является оптимальным способом защиты от данных рисков. Для разработки программы индексного страхования урожая сельскохозяйственных культур необходимы средние многолетние данные по урожайности страхуемой культуры. Проанализированы средние данные по урожайности озимой пшеницы в Воронежской области за последние тридцать лет. В результате анализа было выделено три периода, особый интерес для нашего исследования представляет период 2014–2020 гг. как современный этап развития производства. С одной стороны, он характеризуется высокими и достаточно устойчивыми показателями урожайности озимой пшеницы, на которые нацелена современная технология выращивания данной культуры. С другой, мы наблюдаем ежегодные колебания, которые связаны с природно-климатическими условиями и не могут быть откорректированы технологией. Соответственно, они требуют принятия определенных мер по страхованию урожая, что будет способствовать устойчивости производства, его финансовых результатов и, в конечном итоге, укреплению финансового состояния аграрных формирований региона.

Ключевые слова: механизм страхования, сельскохозяйственные риски, страхование сельскохозяйственных культур, индексное страхование урожайности, статистический анализ урожайности

Для цитирования: Образцова О.А. Разработка и внедрение программ индексного страхования урожайности сельскохозяйственных культур в практику российского страхового рынка // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14, № 4(71). С. 118–125. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_118-125.

ECONOMICS AND MANAGEMENT OF THE NATIONAL ECONOMY (ECONOMIC SCIENCES)

Original article

Development and implementation of index insurance programs for agricultural yields in the practice of the Russian insurance market

Oksana A. Obratsova^{1✉}

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

¹dacha03@mail.ru✉

Abstract. The author has analyzed the application of programs of index insurance of crop yields as one of the directions of a conceptual approach to the development of insurance in the agricultural sector. The peculiarities of index insurance of yield have been studied. It was concluded that it is possible and necessary to develop and implement such programs into the practice of the Russian insurance market. The author has considered the state of the mechanism of insurance of agricultural production at the present stage, and it was revealed that about 50% of farms involved in the insurance process operated on the territory of the Central Federal District with the leading

position occupied by Voronezh Oblast. Among the most insured crops cereals could be noted. Here it should be pointed out that Voronezh Oblast specializes in growing winter wheat. In the conditions of the Central Chernozem Region this crop shows good results, but its yield is affected by many natural risks. Index crop insurance is the best way to eliminate these risks. To develop an index insurance program for agricultural crops, long-term average data on the yield of the insured crop is required. The author has analyzed the average data on the yield of winter wheat in Voronezh Oblast over the past thirty years. As a result of this analysis three periods were identified. The period of 2014-2020 was of particular interest for this study as a modern stage in the development of production. On the one hand, it is characterized by high and fairly stable yields of winter wheat, which are the aim of modern technology of growing this crop. On the other hand, annual fluctuations are observed in connection with natural and climatic conditions, and they cannot be corrected by technology. Accordingly, they require the adoption of certain measures to insure the crop, which will contribute to the sustainability of production, its financial results and, ultimately, strengthening the financial condition of agrarian formations of the region.

Key words: insurance mechanism, agricultural risks, crop insurance, index insurance of yield, statistical analysis of yield

For citation: Obraztsova O.A. Development and implementation of index insurance programs for agricultural yields in the practice of the Russian insurance market. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2021;14(4):118-125. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_118-125.

В 2017 г. Центральным Банком РФ, были разработаны «Предложения по развитию сельскохозяйственного страхования с государственной поддержкой в Российской Федерации» [4]. В них рассмотрены основные направления развития данной отрасли на ближайшие годы. Одной из инициатив Центрального Банка является разработка и внедрение в практику страхования с государственной поддержкой программ индексного страхования.

Страхование по индексу урожайности является одним из наиболее популярных среди индексных программ страхования сельскохозяйственных рисков. Здесь в качестве основного критерия наступления страхового случая выступает пороговое значение урожайности в отдельном регионе. Страховые продукты по индексу урожайности можно разработать по каждой сельскохозяйственной культуре, в качестве основных документов, необходимых для заключения договора, необходимо предоставить только информацию, подтверждающую объемы посевных площадей в данном хозяйстве, а в качестве страхового случая выступает факт снижения среднерайонной урожайности ниже указанного критерия (индекса). Как и в классическом страховании, в индексном предусмотрены различные уровни страхового покрытия, обычно они колеблются от 50 до 90% [1, 2, 7, 10].

По своей сути индексное страхование урожайности включает в себя все риски, влияющие на урожайность сельскохозяйственных культур. И при снижении среднерайонной урожайности ниже установленного индекса можно говорить о факте наступления страхового случая во всех хозяйствах района, заключивших договор страхования по данной программе [2, 9, 10].

С учетом всех положительных сторон применения программ индексного страхования нами было сделано заключение о возможности и необходимости их разработки и внедрения в практику российского страхового рынка.

Анализируя состояние механизма страхования сельскохозяйственного производства на современном этапе, мы выяснили, что по итогам 2019 года общее количество сельскохозяйственных товаропроизводителей, до которых были доведены субсидии по договорам страхования урожая сельскохозяйственных культур и посадок многолетних насаждений, составило 1219 хозяйств, 507 из них располагаются в Центральном федеральном округе (ЦФО). Это говорит о том, что около 50% хозяйств, вовлеченных в процесс страхования, работают на территории ЦФО. Проведем более детальный анализ основных показателей развития системы страхования сельскохозяйственных рисков отрасли растениеводства в 2019 г. в разрезе областей ЦФО (табл. 1) [4].

Таблица 1. Сводная информация по договорам страхования урожая сельскохозяйственных культур и посадок многолетних насаждений с государственной поддержкой в 2019 г., в разрезе областей ЦФО

Наименование субъекта РФ	Количество сельскохозяйственных товаропроизводителей, до которых доведены субсидии	Сумма начисленной страховой премии (страхового взноса), тыс. руб.	Посевная (посадочная) площадь (без учета хозяйств населения) – всего, тыс. га	Посевная (посадочная) площадь по договорам страхования, тыс. га	Доля застрахованной площади, %
Белгородская область	23	44906,5	1364,1	55,3	4,1
Брянская область	-	-	867,0	-	-
Владимирская область	-	-	288,7	-	-
Воронежская область	360	475567,3	2542,5	768,6	30,2
Ивановская область	10	8024,2	202,2	8,0	3,9
Калужская область	-	-	340,3	-	-
Костромская область	-	-	177,2	-	-
Курская область	11	7945,3	1595,9	69,6	4,4
Липецкая область	7	16338,5	1311,9	44,4	3,4
Московская область	-	-	539,8	-	-
Орловская область	4	189243,7	1257,0	131,8	10,5
Рязанская область	2	217,3	953,2	6,2	0,7
Смоленская область	-	-	383,7	-	-
Тамбовская область	86	61693,9	1758,7	309,7	17,6
Тверская область	-	-	494,1	-	-
Тульская область	4	38236,2	879,1	31,2	3,6
Ярославская область	1	382,5	292,5	2,5	0,9
г. Москва	-	-	7,1	-	-
Центральный федеральный округ	507	842556,1	15255,1	1427,3	9,4

Источник: составлено и рассчитано автором на основании данных статистики.

Анализ сводной информации в разрезе областей ЦФО показал, что, несмотря на то, что данный округ показывает самые высокие показатели развития системы страхования отрасли растениеводства, восемь регионов из 18 не вовлечены в процесс страхования, в шести регионах доля застрахованной посевной площади не превышает 5%, и только в трех областях данный показатель превышает 10%. Лидирующие позиции занимает Воронежская область: здесь в 2019 г. было застраховано 30,2% посевных площадей, в среднем по региону данный показатель составил 9,4%.

Для выделения основных страхуемых сельскохозяйственных культур проведем анализ структуры застрахованных посевных площадей Воронежской области в 2019 году (табл. 2) [4].

Таблица 2. Структура посевных площадей по договорам страхования урожая сельскохозяйственных культур с государственной поддержкой в Воронежской области, 2019 г.

Наименование субъекта РФ	Посевная (посадочная) площадь по договорам страхования в разрезе групп сельскохозяйственных культур, тыс. га					Итого
	Зерновые	Зерно-бобовые	Масличные	Технические	Кормовые	
Воронежская область	612,1	5,2	34,3	56,7	60,3	768,6
Удельный вес отдельных культур в общем итоге, %	79,64	0,67	4,46	7,38	7,85	100

Источник: составлено и рассчитано автором на основании данных статистики.

Анализируя структуру застрахованных посевных площадей, мы видим, что наибольший удельный вес среди страхуемых культур в Воронежской области занимают посевы зерновых, на них приходится 79,64% от общей застрахованной посевной площади в 2019 г. Это говорит о том, что данные культуры либо чаще подвергаются влиянию негативных факторов природного характера, либо это связано с тем, что данный регион специализируется на выращивании зерновых.

Лидирующие позиции Воронежской области в части страхования урожая сельскохозяйственных культур и многолетних насаждений с государственной поддержкой говорят о том, что в данном регионе участники страхового рынка хорошо знакомы с особенностями страхования сельскохозяйственных рисков в классическом формате и для дальнейшего расширения клиентской базы необходимы новые подходы развития страховых отношений.

Индексное страхование урожая сельскохозяйственных культур призвано стать одним из приоритетных направлений, способствующих устойчивому развитию сельского хозяйства на ближайшие годы, а также позволит привлечь на рынок агрострахования производителей среднего и мелкого звена.

Для разработки программ индексного страхования необходимо изучить структуру посевных площадей отдельного региона и обозначить основные сельскохозяйственные культуры, на которых специализируется конкретный регион. На основании вышеприведенных данных мы видим, что страхователи при заключении договора страхования урожая с государственной поддержкой отдают предпочтение зерновым культурам.

Рассмотрим более детально, на каких сельскохозяйственных культурах специализируются хозяйства Воронежской области (табл. 3) [3].

Таблица 3. Посевные площади сельскохозяйственных культур в хозяйствах всех категорий Воронежской области, 2005–2019 гг., тыс. га

Сельскохозяйственные культуры	Годы					
	2017		2018		2019	
	тыс. га	% к итогу	тыс. га	% к итогу	тыс. га	% к итогу
Посевная площадь, всего	2603,2	100	2576,9	100	2638,5	100
в том числе						
зерновые: из них	1486,7	57,11	1464,9	56,85	1508,1	57,16
пшеница озимая	701,49	26,95	722,51	28,04	753,83	28,57
пшеница яровая	55,66	2,14	66,57	2,58	62,4	2,36
рожь озимая	14,36	0,55	13,51	0,52	14,09	0,53
ячмень озимый	0,16	0,01	0,95	0,04	1,41	0,05
ячмень яровой	336,3	12,92	355,8	13,81	375,23	14,22
тритикале	5,59	0,21	3,52	0,14	3,78	0,14
кукуруза на зерно	253,41	9,73	184,55	7,16	212,21	8,04
технические	708,2	27,20	705,5	27,38	739,4	28,02
картофель и овощебахчевые	89,6	3,44	89,3	3,47	82,9	3,14
кормовые	318,7	12,24	317,2	12,31	308,1	11,68

Источник: составлено и рассчитано автором на основании данных статистики.

Основываясь на вышеприведенных данных, мы видим, что структура посевных площадей в течение последних трех лет существенно не менялась. По итогам 2019 года 57% посевной площади приходится на зерновые, наибольший удельный вес среди них занимает озимая пшеница – 28,57%. Исходя из этого можно сказать, что наш регион специализируется на выращивании озимой пшеницы и доход сельхозтоваропроизводителя напрямую зависит от ее урожайности. Данная культура в условиях Центрального Черноземья показывает хорошие результаты, но урожайность ее подвержена влиянию множества рисков природного характера, к ним можно отнести вымерзание, выпрева-

ние, почвенную засуху, атмосферную засуху, ливневые дожди, градобитие, отсутствие снежного покрова зимой и т. д. Все это говорит о необходимости разработки эффективного механизма распределения и преодоления рисков природного характера при выращивании озимых культур.

Индексное страхование урожая является оптимальным способом защиты от данных рисков, так как обеспечивает защиту сельхозтоваропроизводителя от влияния любых рисков, приводящих к снижению урожайности. Страховые продукты индексного страхования хорошо зарекомендовали себя за рубежом и считаются более доступными по сравнению с классическим страхованием. Внедрение в практику подобных страховых продуктов позволит вовлечь в процесс страхования представителей малого и среднего звена и расширить охват страхованием нашего региона.

Для разработки программы индексного страхования урожая сельскохозяйственных культур необходимы средние многолетние данные по урожайности страхуемой культуры. В рамках нашего исследования изучим средние данные по урожайности озимой пшеницы в Воронежской области за последние тридцать лет (рис. 1) [9].

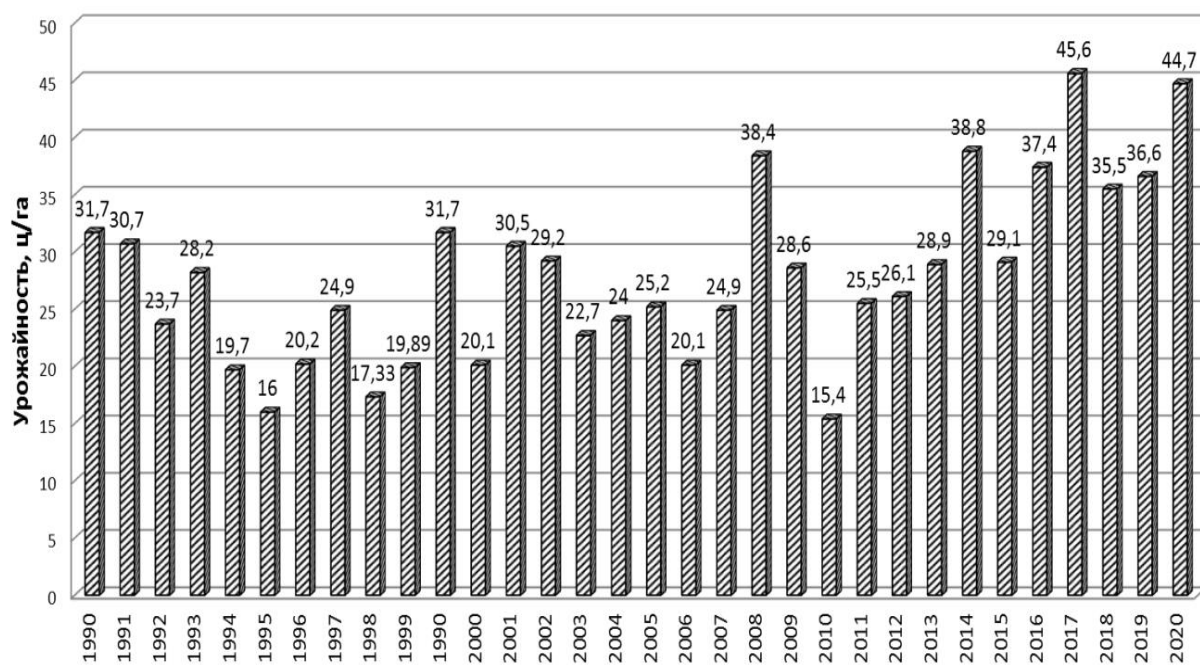


Рис. 1. Динамика урожайности озимой пшеницы в хозяйствах Воронежской области, 1990–2020 гг., ц/га

Источник: составлено и рассчитано автором на основании данных база данных ЕМИС.

Анализ динамики урожайности озимой пшеницы в Воронежской области показал, что в течение 30 лет данный показатель колебался от 15,4 до 45,6 ц/га. При этом средний уровень урожайности за этот период составил 29,71 ц/га. Двадцать два года из данной выборки можно отнести к неурожайным, так как в эти года значение анализируемого показателя было ниже среднего. Все это говорит о рискованности выращивания озимой пшеницы и о существенном влиянии на конечный результат внешних факторов [5].

В работе было проведено исследование изменения средней урожайности озимой пшеницы в целом по сельскохозяйственным предприятиям Воронежской области за период с 1990 по 2020 г. Исходные данные позволили применить аналитические процедуры построения динамических моделей для выявления основной тенденции (тренда) в развитии динамики средней урожайности. Фактическая и выровненная по построенным динамическим моделям урожайность представлена на рисунке 1 [5].

Оценка динамики фактических уровней средней урожайности с точки зрения ежегодных темпов прироста (снижения) позволяет выделить три качественно однородных этапа, рассчитать по ним средние характеристики, а также сделать вывод о неустойчивой динамике средней урожайности озимой пшеницы за рассматриваемый период времени (рис. 2). В связи с этим были рассчитаны средние показатели динамики в целом за период (табл. 4).

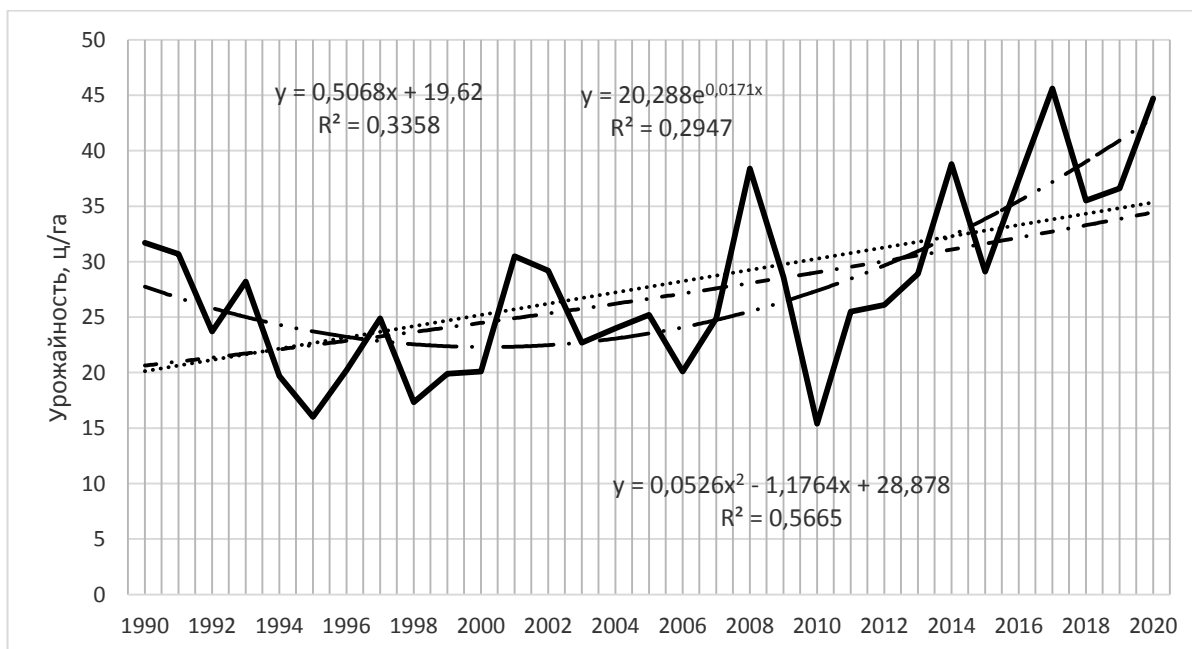


Рис. 2. Средняя урожайность озимой пшеницы в целом по сельскохозяйственным предприятиям Воронежской области, ц/га

Источник: составлено и рассчитано автором.

Таблица 4. Усредненные характеристики динамики средней урожайности озимой пшеницы за 2000–2020 гг.

Характеристики	Значения в среднем за 2000–2020 гг.
Среднегодовая величина урожайности озимой пшеницы, ц/га	27,73
Ежегодное абсолютное изменение (+, –), ц/га	0,43
Ежегодное относительное изменение (+, –), %	1,15

Источник: составлено и рассчитано автором.

Рассчитанные средние показатели позволяют сделать вывод, что при существенных ежегодных колебаниях в целом за период средняя урожайность озимой пшеницы возрастала ежегодно на 0,43 ц/га, или 1,15%.

Для выявления общей тенденции в динамике урожайности нами были построены динамические модели с использованием линейной, квадратической и экспоненциальной функций, так как именно они характеризовались наиболее высокими коэффициентами аппроксимации, соответственно $R^2 = 0,3358$, $R^2 = 0,5665$ и $R^2 = 0,2947$.

Все модели подтверждают, что основной тренд динамики средней урожайности озимой пшеницы на изучаемом отрезке времени характеризуется ростом с ежегодным увеличением на 0,5068 ц/га (согласно уравнению линейной функции).

При этом отметим, что максимальный коэффициент аппроксимации ($R^2 = 0,5665$) соответствует уравнению квадратической функции. Следовательно, именно эта функция наилучшим образом описывает фактическую динамику урожайности. Отметим также, что данная функция показывает снижение урожайности до 2000 года, а затем ее последующий рост.

Оценка динамики фактических уровней средней урожайности с точки зрения ежегодных темпов прироста (снижения) позволяет выделить три качественно однородных этапа и рассчитать по ним средние характеристики (табл. 5).

Таблица 5. Усредненные характеристики динамики урожайности озимой пшеницы по качественно однородным периодам

Характеристики	Значения в среднем за период			
	1990–2020 гг.	1990–2000 гг.	2001–2013 гг.	2014–2020 гг.
Среднегодовая величина урожайности, ц/га	27,73	22,95	26,12	38,24
Ежегодное абсолютное изменение (+, –), ц/га	0,43	–1,16	–0,13	0,98
3. Ежегодное относительное изменение (+, –), %	1,15	–4,45	–0,45	2,39
4. Коэффициент вариации, %	1,56	–5,06	–0,51	2,57

Источник: составлено и рассчитано автором.

В период с 1990 по 2000 год урожайность характеризовалась наименьшим средним уровнем (22,95 ц/га), ежегодным снижением на 1,16 ц/га, или 4,45% и наибольшей вариацией или неустойчивостью уровней урожайности. Очевидно, это объясняется деградацией производства, связанной с разрушением экономических связей и гиперинфляцией в постсоветский период.

Период с 2001 по 2013 г. характеризовался средним уровнем урожайности и наименьшей ее вариацией. Тем не менее наблюдалось все еще ежегодное снижение урожайности на 0,13 ц/га, или 0,45%.

Наибольший интерес представляет период с 2014 по 2020 г. Средняя урожайность характеризуется максимальной величиной – 38,24 ц/га, ежегодным приростом на 0,98 ц/га, или 2,39% и средним уровнем вариации, равным 2,57%. Этот период связан с развитием производства в аграрной сфере, сменой сортового состава, применением интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

Для оценки существенности различий между выделенными периодами в динамике урожайности озимой пшеницы были использованы процедуры дисперсионного анализа (таблица 6) [5].

Таблица 6. Дисперсионный анализ различий в средних характеристиках по периодам

Вариация	Сумма квадратов отклонений	Число степеней свободы	Дисперсия	Расчетное значение критерия Фишера	Табличное значение критерия Фишера
Факторная	1059,15	2,00	529,58	18,32	3,33
Остаточная	838,12	29,00	28,90		
Общая	1897,28	31,00			

Источник: составлено и рассчитано автором.

Учитывая то, что расчетное значение критерия Фишера $F_{\text{расч}} = 18,32$ превышает критическое $F_{\text{таб.}}(\alpha = 0,05; 2,00; 29,00) = 3,33$, можно сделать вывод о существенности или статистической значимости различий между средними показателями за каждый период. Таким образом, подтверждается влияние общеэкономической ситуации, а также смены технологий производства на динамику средней урожайности озимой пшеницы.

В результате нашего исследования мы сделали вывод о том, что средняя урожайность озимой пшеницы на территории Воронежской области имеет неустойчивый характер, и для преодоления последствий ее снижения мы предлагаем внедрить в практику программу индексного страхования урожайности озимой пшеницы. Для расчета показателей индексного страхования считаем оправданным использовать данные за период с 2014 по 2020 год, так как это – современный этап развития производства. С одной стороны, он характеризуется высокими и достаточно устойчивыми показателями урожайности озимой пшеницы, на которые нацелена современная технология выращивания данной культуры. С другой, мы наблюдаем ежегодные колебания, которые свя-

заны с природно-климатическими условиями и не могут быть откорректированы технологией. Применение программ индексного страхования урожайности позволит привлечь сельхозтоваропроизводителей мелкого и среднего звена и обеспечить высокий уровень охвата страхованием, что будет способствовать устойчивости производства и в конечном итоге, укреплению финансового состояния аграрных формирований региона.

Список источников

1. Котар О.К., Алайкина Л.Н., Новикова Н.А. Индекс урожайности в сельскохозяйственном страховании с государственной поддержкой // Региональные агросистемы: экономика и социология. 2018. № 4. С. 6.
2. Перспективные направления развития сельскохозяйственного страхования в России. URL: <https://mcx.ac.ru/o-tsentre/novosti/1133/> (дата обращения: 18.09.2021).
3. Посевные площади сельскохозяйственных культур. URL: <https://fedstat.ru/indicator/31328> (дата обращения: 18.09.2021).
4. Предложения по развитию сельскохозяйственного страхования с государственной поддержкой в Российской Федерации. URL: https://www.cbr.ru/Content/Document/File/50680/Consultation_Paper_171212.pdf (дата обращения: 16.09.2021).
5. Садовникова Н.А. и др.; под ред. В.Г. Минашкина. Статистика: учебник для бакалавров. Москва: Юрайт, 2013. 448 с.
6. Сводные статистические данные по страхованию урожая сельскохозяйственных культур, посадок многолетних насаждений, сельскохозяйственных животных с государственной поддержкой в 2014–2019 годах. URL: <http://www.fagps.ru/docs2/> (дата обращения: 18.09.2021).
7. Сплетуков Ю.А. Сельскохозяйственное страхование в России и за рубежом: сравнительная характеристика // Финансовый журнал. 2018. № 1. С. 87–99.
8. Турчаева И.Н. и др. Страхование в АПК: учебник и практикум для бакалавриата и специалитета. Москва: Юрайт, 2019. 229 с.
9. Урожайность сельскохозяйственных культур (в расчете на убранную площадь). URL: <https://fedstat.ru/indicator/31533> (дата обращения: 18.09.2021).
10. Хоминич И.П. и др. Основы страхового дела: учебник и практикум для среднего профессионального образования. Москва: Юрайт, 2019. 242 с.

References

1. Kotar O.K., Alaikina L.N., Novikova N.A. Indeks urozhajnosti v sel'skokhozyajstvennom strakhovanii s gosudarstvennoj podderzhkoj [Crop Yield Index in agricultural insurance with government support]. *Regional'nye agrosistemy: ekonomika i sociologiya = Regional agrosystems: economics and sociology*. 2018;4:6. (In Russ.).
2. Perspektivnye napravleniya razvitiya sel'skokhozyajstvennogo strakhovaniya v Rossii [Promising directions for the development of agricultural insurance in Russia]. URL: <https://mcx.ac.ru/o-tsentre/novosti/1133/>. (In Russ.).
3. Posevnye ploshchadi sel'skokhozyajstvennykh kul'tur [Sown areas of agricultural crops]. URL: <https://fedstat.ru/indicator/31328>. (In Russ.).
4. Predlozheniya po razvitiyu sel'skokhozyajstvennogo strakhovaniya s gosudarstvennoj podderzhkoj v Rossijskoj Federatsii [Proposals for the development of agricultural insurance with state support in the Russian Federation]. URL: https://www.cbr.ru/Content/Document/File/50680/Consultation_Paper_171212.pdf. (In Russ.).
5. Sadovnikova N.A., et al. Minashkina V.G. (ed.). Statistika: uchebnik dlya bakalavrov [Statistics: Textbook for Bachelor's degree students]. Moscow: Yurayt Press; 2014. 248 p. (In Russ.).
6. Svodnye statisticheskie dannye po strakhovaniyu urozhaya sel'skokhozyajstvennykh kul'tur, posadok mnogoletnikh nasazhdenij, sel'skokhozyajstvennykh zhivotnykh s gosudarstvennoj podderzhkoj v 2014-2019 godakh [Summary statistics on insurance of agricultural crops, plantings of perennial plantations, farm animals with state support in 2014-2019]. URL: <http://www.fagps.ru/docs2/> (data obrashcheniya: 18.09.2021). (In Russ.).
7. Spletukhov Yu.A. Sel'skokhozyajstvennoe strakhovanie v Rossii i za rubezhom: sravnitel'naya kharakteristika [Agricultural insurance in Russia and abroad: comparative characteristics]. *Finansovyj zhurnal = Financial Journal*. 2018;1:87-99. (In Russ.).
8. Turchaeva I.N., et al. Strakhovanie v APK: uchebnik i praktikum dlya bakalavriata i specialiteta [Insurance in the Agro-Industrial Complex: Textbook for Bachelor's and Specialist's Programs]. Moscow: Yurayt Press; 2019. 229 p. (In Russ.).
9. Urozhajnost' sel'skokhozyajstvennykh kul'tur (v raschete na ubrannuyu ploshchad') [Yielding ability of agricultural crops (per harvested area)]. URL: <https://fedstat.ru/indicator/31533>. (In Russ.).
10. Khominich I.P., et al. Osnovy strakhovogo dela: uchebnik i praktikum dlya srednego professional'nogo obrazovaniya [Fundamentals of insurance business: Textbook and practical course for secondary professional education]. Moscow: Yurayt Press; 2018. 243 p. (In Russ.).

Информация об авторе

О.А. Образцова – старший преподаватель кафедры финансов и кредита ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Information about the author

O.A. Obraztsova, Senior Lecturer, Finance and Credit Dept., Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Статья поступила в редакцию 21.11.2021; одобрена после рецензирования 25.12.2021; принята к публикации 26.12.2021.

The article was submitted 21.11.2021; approved after revision 25.12.2021; accepted for publication 26.12.2021.

© Образцова О.А., 2021

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НАРОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ (ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 332.1

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2021_4_126

Оценка социально-экономической и экологической устойчивости субъектов Приволжского федерального округа

Марина Львовна Яшина^{1✉}, Максим Сергеевич Бадашин²

^{1, 2}Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, Ульяновск, Россия

¹may1978.78@mail.ru[✉]

Аннотация. Проанализирован уровень социально-экономической и экологической устойчивости регионов Приволжского федерального округа. Для комплексной диагностики устойчивого сбалансированного развития регионов использован метод многомерного сравнительного анализа; для обоснованности и достоверности исследования использованы общенаучные принципы системного и диалектического методов, в том числе метод сравнения, синтеза, аналогии, а также абстрактно-логический метод, метод идеализации и др.; для исключения таких нежелательных для анализа факторов, как разномерность, несопоставимость и разнонаправленность показателей социально-экономической и экологической устойчивости применен метод относительных разниц, проведена процедура стандартизации индикаторов устойчивого развития регионов. После нормирования многомерных показателей осуществлен расчет средних индексов, позволяющий перейти от многомерного пространства признаков к одномерному. Результаты ранжирования значений интегрального показателя устойчивого сбалансированного эколого-экономического и социального развития субъектов Приволжского федерального округа позволили выявить позиции регионов, в том числе Ульяновской области, динамику изменения показателей эколого-экономической и социальной устойчивости. Совокупность эмпирических и статистических методов исследования подтвердили выдвинутую гипотезу о необходимости совершенствования региональной социально-экономической политики, а также позволили обозначить круг проблемных вопросов и направлений экологического развития исследуемых регионов. Интегральная оценка социально-экономического и экологического развития региона может служить базой для планирования деятельности и формирования политики в области обеспечения устойчивого сбалансированного развития региона, принятия рациональных решений, направленных на исключение социального неравенства населения различных территорий и оптимизацию использования ограниченных ресурсов.

Ключевые слова: устойчивость, социально-экономическое развитие, экологическое развитие, интегральный индекс, рейтинг, региональная политика

Для цитирования: Яшина М.Л., Бадашин М.С. Оценка социально-экономической и экологической устойчивости регионов Приволжского федерального округа // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14, № 4(71). С. 126–134. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_126-134.

ECONOMICS AND MANAGEMENT OF THE NATIONAL ECONOMY (ECONOMIC SCIENCES)

Original article

Comparative assessment of socio-economic and environmental sustainability of the regions of the Volga Federal District

Marina L. Yashina^{1✉}, Maxim S. Badashin²

^{1, 2}Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Ulyanovsk, Russia

¹may1978.78@mail.ru[✉]

Abstract. The authors analyzed the level of socio-economic and environmental sustainability of the regions of Volga Federal District. For a comprehensive diagnosis of sustainable balanced development of regions the method of multivariate comparative analysis was used. To ensure the validity and reliability of research the general scientific principles of systemic and dialectical methods were used, including the method of comparison, synthesis, and analogy, as well as the abstract-logical method, the method of idealization, etc. In order to eliminate such undesirable factors for analysis as heterogeneity, inconsistency and multidirectionality of indicators

of socio-economic and environmental sustainability, the method of relative differences was applied, and a procedure was carried out to standardize the indicators of sustainable development of regions. After normalization of multidimensional indicators, the calculation of average indices was performed, which allowed proceeding from a multidimensional space of features to one-dimensional. The results of ranking the values of the integral indicator of sustainable balanced environmental, economic and social development of subjects of Volga Federal District allowed identifying the positions of the regions (including Ulyanovsk Oblast) and the dynamics of changes in the indicators of environmental, economic and social sustainability. The combination of empirical and statistical research methods confirmed the hypothesis about the need to improve the regional socio-economic policy, and also allowed identifying a range of problematic issues and directions for ecological development of the studied regions. An integral assessment of socio-economic and environmental development of the region can serve as a basis for planning activities and formulating policies in the field of ensuring sustainable balanced development of the region, making rational decisions aimed at eliminating the social inequality of the population of various territories and optimizing the use of limited resources.

Key words: sustainability, socio-economic development, environmental development, integral index, rating, regional policy

For citation: Yashina M.L., Badashin M.S. Comparative assessment of socio-economic and environmental sustainability of the regions of the Volga Federal District. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2021;14(4):126-134. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_126-134.

Современная мировая экономическая среда активно дискусирует на тему про движения принципов устойчивого роста, которые, будучи дальновидной и перспективной парадигмой развития, подчеркивают позитивную траекторию трансформации, основанную, главным образом, на рассмотрении социальных, экономических и экологических факторов в качестве единой динамичной системы, базирующейся на трех концептуальных столпах: экономический рост, охрана окружающей среды и социальное равенство. По мнению Р.С. Карпинской, устойчивое развитие следует интерпретировать как «...стратегию перехода общества к состоянию его коэволюции с биосферой» [3]. При этом основным поводом, который сподвигнул мировое экономическое и экологическое сообщество к интенсивному продвижению данной концепции в мировую экономику, рассматривается мировой финансовый кризис 2009 г., который показал неэффективность и нерациональность предыдущей модели экономического развития, при которой «бурный» экономический рост хоть и приводил к росту материального благосостояния человечества, но следствием тому было разрушение окружающей среды, истощение природного капитала, нехватка пресной воды, продовольствия, энергии, неравенство людей и стран, широкомасштабная бедность, что в конечном итоге ставило под угрозу существование человеческой цивилизации в целом [1, с. 2]. Стало очевидно, что для выхода из экономического кризиса необходимо рассматривать эколого-экономические и социальные проблемы в комплексе.

Для всеобъемлющей диагностики устойчивости развития территорий целесообразно применять методы сравнения регионов на основе комплекса индикаторов [9, с. 187]. Интегральная оценка трех указанных выше позиций представляет собой характеристику социально-экономического и экологического развития региона, которая может служить базой для планирования деятельности и формирования политики в области обеспечения устойчивого сбалансированного развития и принятия рациональных решений [2, с. 44].

Первым этапом оценки устойчивости развития территории является определение показателей, которые в большей степени определяют устойчивость развития региона. На основании мнений Р.А. Канеева, О.П. Сыромятниковой, Н.Н. Яшаловой [2, с. 46, с. 49; 10, с. 179; 13, с. 29], был сформирован перечень показателей, характеризующих экономическую, социальную и экологическую устойчивость территорий (табл. 1).

Таблица 1. Показатели устойчивости развития региона

Показатели экономической устойчивости	Показатели социальной устойчивости	Показатели экологической устойчивости
- валовой региональный продукт (ВРП) на душу населения, руб.; - инвестиции в основной капитал на душу населения, руб.; - индекс промышленного производства, %; - степень износа основных фондов, %; - удельный вес инновационных товаров, работ и услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг, %; - удельный вес убыточных организаций в совокупном числе организаций, %; - доля безвозмездных поступлений в структуре консолидированного бюджета субъекта, %.	- среднедушевые денежные доходы населения, руб.; - доля населения с доходами ниже прожиточного минимума, %; - уровень безработицы, %; - удельный вес аварийного жилищного фонда в общей площади всего жилищного фонда, %; - число зарегистрированных преступлений на 100 тыс. чел. населения; - заболеваемость на 1 тыс. чел.	- выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, кг на душу населения; - объем сброса сточных вод, м³ на душу населения; - лесовосстановление к общему объему лесных ресурсов, %; - доля уловленных и обезвреженных загрязняющих атмосферу веществ от общего количества отходящих загрязняющих веществ от стационарных источников, %; - образование отходов производства и потребления, кг на душу населения; - инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды, руб. на душу населения; - объем использования свежей воды, м³ на душу населения; - затраты на охрану окружающей среды, руб. на душу населения.

Для исключения таких нежелательных для анализа факторов, как разномерность, несопоставимость и разнонаправленность показателей, целесообразно применить метод относительных разниц [6, с. 317], который предполагает использование в оценке не только самых высоких показателей среди регионов, но и самых низких. Процедура стандартизации индикаторов проведена по формулам (1) и (2):

$$x_{ij}^{норм} = \frac{x_{ij} - \min_j x_{ij}}{\max_j x_{ij} - \min_j x_{ij}}, \quad (1)$$

$$x_{ij}^{норм} = \frac{\max_j x_{ij} - x_{ij}}{\max_j x_{ij} - \min_j x_{ij}}, \quad (2)$$

где $x_{ij}^{норм}$ – нормированное значение i -го показателя, который характеризует j -ю составляющую;

$\max_j x_{ij}$ – максимальное значение i -го показателя среди исследуемых регионов, принятое за эталонное;

$\min_j x_{ij}$ – минимальное значение i -го показателя среди исследуемых регионов, принятое за эталонное.

При отрицательном воздействии возрастающей тенденции на устойчивость развития территории нормирование осуществляется по формуле (2), при положительном – по формуле (1).

После нормирования осуществляют расчет средних индексов, позволяющих перейти от многомерного пространства признаков к одномерному [2, с. 45; 12, с. 127].

$$I_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{ij}^{норм})^2}{n}}, \quad (3)$$

где I_j – индекс уровня устойчивости по каждой конкретной составляющей;

$x_{ij}^{норм}$ – конкретный стандартизированный показатель уровня устойчивости каждой составляющей;

n – количество показателей уровня устойчивости по данной составляющей.

Интегральный индекс устойчивости представляет собой среднегеометрическую величину, формула расчета которой выглядит следующим образом (4) [11, с. 100]:

$$I_{уст.} = \sqrt[3]{I_{экон.} \times I_{соц.} \times I_{экол.}}, \quad (4)$$

где $I_{уст.}$ – интегральный индекс устойчивого развития;

$I_{экон.}$ – индекс экономической устойчивости;

$I_{соц.}$ – индекс социальной устойчивости;

$I_{экол.}$ – индекс экологической устойчивости.

Заключительным этапом оценки устойчивости развития территории является интерпретация полученных показателей, которую будем проводить по методике, предложенной К.П. Мартыновым (см. рис.).



Ранжирование значений интегрального показателя устойчивого сбалансированного развития региона [5, с. 318]

По результатам расчета индекса экономической устойчивости регионов Приволжского федерального округа (ПФО), представленного в таблице 2, можно сделать вывод о слабоустойчивом экономическом развитии Ульяновской области на протяжении всего исследуемого периода: по усредненному показателю за 5 исследуемых лет Ульяновская область опережает лишь Саратовскую и Оренбургскую области. Слабыми сторонами Ульяновского региона в экономической сфере являются относительно небольшие объемы ВРП, инвестиций в основной капитал, а также значительный удельный вес убыточных организаций. При этом в области низкая степень износа основных фондов и высокий объем инновационных товаров, работ и услуг, что является положительным моментом. По отношению к 2014 г., в 2018 г. Ульяновская область ухудшила свои позиции, опустившись с 11-го на 13-е место. Лидером в плане экономической устойчивости остается Татарстан.

Таблица 2. Индекс экономической устойчивости регионов ПФО, 2014–2018 гг. (значение индекса/ранг)

Регионы	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	В среднем за 2014–2018 гг.
Республика Башкортостан	0,50/6	0,48/7	0,52/8	0,48/9	0,47/8	0,49/9
Республика Марий Эл	0,66/2	0,61/3	0,43/12	0,51/8	0,39/12	0,52/5
Республика Мордовия	0,60/3	0,62/2	0,60/2	0,74/2	0,67/2	0,65/2
Республика Татарстан	0,78/1	0,83/1	0,84/1	0,78/1	0,80/1	0,81/1
Удмуртская Республика	0,33/14	0,42/12	0,54/4	0,46/10	0,41/10	0,44/11
Чувашская Республика	0,46/8	0,46/10	0,58/3	0,51/7	0,46/9	0,49/7
Пермский край	0,43/10	0,44/11	0,47/11	0,53/5	0,50/7	0,48/10
Кировская область	0,45/9	0,47/9	0,53/7	0,54/3	0,56/3	0,51/6
Нижегородская область	0,53/5	0,51/6	0,54/5	0,53/6	0,52/5	0,53/4
Оренбургская область	0,36/13	0,36/14	0,35/14	0,31/14	0,41/11	0,36/14
Пензенская область	0,48/7	0,54/4	0,49/9	0,43/12	0,52/6	0,49/8
Самарская область	0,58/4	0,52/5	0,53/6	0,53/4	0,53/4	0,54/3
Саратовская область	0,38/12	0,41/13	0,49/10	0,42/13	0,34/14	0,41/13
Ульяновская область	0,40/11	0,48/8	0,43/13	0,44/11	0,37/13	0,42/12

Источник: рассчитано по данным Федеральной службы государственной статистики [7, 8].

По социальному положению населения Ульяновскую область (табл. 3) можно считать среднеустойчивой. По усредненному показателю регион занимает 5-е место из 14. В 2018 г., по сравнению с 2017 г., Ульяновская область опустилась лишь на 1 позицию. При этом следует обратить внимание на то, что в области один из самых низких показателей среднедушевых доходов населения, что в какой-то степени говорит о низком уровне жизни в регионе. По сравнению с 2014 г. в 2018 г. среднедушевые доходы выросли всего лишь на 11%, а по сравнению с 2017 г. – незначительно снизились (на 2%). Как следствие, в Ульяновской области наблюдается один из самых высоких показателей удельного веса населения с уровнем доходов ниже прожиточного минимума, причем по отношению к 2014 г. показатель увеличился на 3 п.п.

Таблица 3. Индекс социальной устойчивости регионов ПФО, 2014–2018 гг. (значение индекса/ранг)

Регионы	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	В среднем за 2014–2018 гг.
Республика Башкортостан	0,57/7	0,51/9	0,55/8	0,60/6	0,59/7	0,57/8
Республика Марий Эл	0,43/11	0,40/14	0,44/13	0,37/13	0,39/13	0,41/13
Республика Мордовия	0,60/5	0,65/5	0,72/2	0,71/3	0,70/2	0,68/4
Республика Татарстан	0,80/1	0,85/1	0,89/1	0,89/1	0,92/1	0,87/1
Удмуртская Республика	0,38/14	0,41/13	0,47/11	0,47/12	0,44/11	0,43/12
Чувашская Республика	0,41/13	0,46/12	0,48/10	0,50/10	0,54/8	0,48/10
Пермский край	0,41/12	0,47/11	0,34/14	0,36/14	0,33/14	0,38/14
Кировская область	0,44/10	0,48/10	0,46/12	0,48/11	0,40/12	0,45/11
Нижегородская область	0,67/2	0,70/2	0,70/3	0,69/4	0,66/4	0,68/2
Оренбургская область	0,55/9	0,54/8	0,55/9	0,56/8	0,52/10	0,54/9
Пензенская область	0,65/3	0,66/4	0,70/4	0,71/2	0,67/3	0,68/3
Самарская область	0,59/6	0,70/3	0,60/7	0,55/9	0,60/6	0,61/6
Саратовская область	0,55/8	0,57/7	0,62/5	0,58/7	0,54/9	0,57/7
Ульяновская область	0,63/4	0,62/6	0,61/6	0,63/5	0,66/5	0,63/5

Источник: рассчитано по данным Федеральной службы государственной статистики [4, 7, 8].

Экологическая ситуация Ульяновской области также характеризуется среднеустойчивым уровнем развития (табл. 4). В регионе наблюдается один из самых низких показателей среднедушевых загрязняющих выбросов в атмосферный воздух, однако стоит отметить негативную динамику снижения доли уловленных и обезвреженных загрязняющих атмосферу веществ. Необходимо наращивать объемы инвестиций в данном направлении, устанавливать сооружения для улавливания и обезвреживания отходящих загрязняющих веществ, обновлять и модернизировать их.

Таблица 4. Индекс экологической устойчивости регионов ПФО, 2014–2018 гг. (значение индекса/ранг)

Регионы	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	В среднем за 2014–2018 гг.
Республика Башкортостан	0,56/12	0,61/11	0,73/2	0,71/5	0,67/6	0,66/8
Республика Марий Эл	0,63/8	0,63/9	0,60/12	0,61/12	0,64/10	0,62/10
Республика Мордовия	0,74/1	0,75/1	0,75/1	0,77/1	0,77/1	0,76/1
Республика Татарстан	0,60/10	0,62/10	0,67/7	0,77/2	0,73/2	0,68/4
Удмуртская Республика	0,56/13	0,56/13	0,60/11	0,64/10	0,65/9	0,60/13
Чувашская Республика	0,70/4	0,68/5	0,67/6	0,67/8	0,63/12	0,67/6
Пермский край	0,65/7	0,66/7	0,54/13	0,58/13	0,66/7	0,62/11
Кировская область	0,67/6	0,69/4	0,71/4	0,71/4	0,69/3	0,69/3
Нижегородская область	0,61/9	0,65/8	0,63/8	0,65/9	0,68/5	0,64/9
Оренбургская область	0,30/14	0,31/14	0,37/14	0,40/14	0,44/14	0,36/14
Пензенская область	0,69/5	0,70/3	0,62/9	0,62/11	0,66/8	0,66/7
Самарская область	0,58/11	0,58/12	0,61/10	0,67/7	0,59/13	0,61/12
Саратовская область	0,74/2	0,71/2	0,71/3	0,73/3	0,68/4	0,71/2
Ульяновская область	0,71/3	0,67/6	0,68/5	0,67/6	0,64/11	0,67/5

Источник: рассчитано по данным Федеральной службы государственной статистики [7, 8].

Таблица 5. Распределение регионов по индексам экономического, социального, экологического развития и интегральному индексу за 2014–2018 гг.

Диапазон значений устойчивости	Индексы			Интегральный индекс устойчивого развития
	уровня экономической устойчивости	уровня социальной устойчивости	уровня экологической устойчивости	
0,0–0,1	Неустойчивое развитие			–
0,1–0,5	Слабоустойчивое развитие			Удмуртская Республика, Пермский край, Оренбургская область
	Республика Башкортостан, Удмуртская Республика, Чувашская Республика, Пермский край, Оренбургская область, Пензенская область, Саратовская область, Ульяновская область	Республика Марий Эл, Удмуртская Республика, Чувашская Республика, Пермский край, Кировская область	Оренбургская область	
0,5–0,7	Среднеустойчивое развитие			Республика Башкортостан, Республика Марий Эл, Республика Мордовия, Республика Татарстан, Удмуртская Республика, Чувашская Республика, Кировская область, Нижегородская область, Пензенская область, Самарская область, Саратовская область, Ульяновская область
	Республика Марий Эл, Республика Мордовия, Кировская область, Нижегородская область, Самарская область	Республика Башкортостан, Республика Мордовия, Нижегородская область, Оренбургская область, Пензенская область, Самарская область, Саратовская область, Ульяновская область	Республика Башкортостан, Республика Марий Эл, Республика Татарстан, Удмуртская Республика, Чувашская Республика, Пермский край, Кировская область, Нижегородская область, Пензенская область, Самарская область, Саратовская область, Ульяновская область	
0,7–0,9	Устойчивое развитие			Республика Татарстан
	Республика Татарстан	Республика Татарстан	Республика Мордовия, Саратовская область	
0,9–1,0	Высокоустойчивое развитие			–
	–	–	–	

Природоохранные среднелюбовые инвестиции в регионе по результатам анализа оказались одними из самых низких среди регионов ПФО, как и затраты на охрану окружающей среды. Если рассматривать показатель экологической устойчивости в динамике, то можно говорить об ухудшении экологической ситуации в регионе по сравнению с другими субъектами ПФО: в 2018 г. Ульяновская область заняла 11-е место, в то время как в 2014 г. была близка к лидирующей позиции, занимая 3-е место. В то же время лидером по результатам расчетов на протяжении пяти исследуемых лет остается республика Мордовия, в которой показатель индекса имеет ежегодную динамику к увеличению. Самым низким показателем экологической устойчивости обладает Оренбургская область, однако положение ежегодно улучшается.

Таким образом, рассчитанный интегральный индекс (табл. 5) позволил установить, что социо-эколого-экономической системе Ульяновской области присущ среднеустойчивый уровень развития.

Высокого уровня экологической безопасности невозможно достичь без снижения отрицательного экономического воздействия на природную среду и без минимизации потребления невозобновляемых ресурсов [6]. В свою очередь, окружающая среда, которая находится в критическом состоянии, влияет на протекание экономических процессов. В первоочередном порядке это выражается в ухудшении производительности трудовых ресурсов и в росте издержек на восстановление качества рабочей силы. Кроме того, следствием обостренной экологической ситуации является снижение стоимости основных фондов, а также снижение качества природных ресурсов и природных объектов, что ведет к росту потерь, снижению доходности от их эксплуатации. На передний план выходят дополнительные расходы на ликвидацию ущерба от деградации окружающей экологической среды [10, с. 177].

Таблица 6. Интегральный индекс устойчивого развития регионов ПФО, 2014–2018 гг. (значение индекса/ранг)

Регионы	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	В среднем за 2014–2018 гг.
Республика Башкортостан	0,55/8	0,53/10	0,60/6	0,59/4	0,57/6	0,57/6
Республика Марий Эл	0,56/6	0,53/9	0,48/12	0,48/12	0,46/13	0,51/11
Республика Мордовия	0,64/2	0,67/2	0,69/2	0,74/2	0,71/2	0,69/2
Республика Татарстан	0,72/1	0,76/1	0,80/1	0,81/1	0,81/1	0,78/1
Удмуртская Республика	0,41/13	0,46/13	0,54/11	0,52/11	0,49/11	0,48/12
Чувашская Республика	0,51/11	0,52/11	0,57/8	0,55/7	0,54/7	0,54/10
Пермский край	0,49/12	0,52/12	0,44/13	0,48/12	0,48/12	0,48/13
Кировская область	0,51/10	0,54/8	0,56/10	0,57/8	0,54/8	0,54/9
Нижегородская область	0,60/4	0,61/4	0,62/3	0,62/3	0,62/3	0,61/3
Оренбургская область	0,39/14	0,39/14	0,42/14	0,41/14	0,45/14	0,41/14
Пензенская область	0,60/3	0,63/3	0,60/5	0,57/4	0,61/4	0,60/4
Самарская область	0,58/5	0,60/5	0,58/7	0,58/5	0,57/5	0,58/5
Саратовская область	0,54/9	0,55/7	0,60/4	0,56/10	0,50/10	0,55/8
Ульяновская область	0,56/7	0,58/6	0,56/9	0,57/9	0,54/9	0,56/7

Источник: рассчитано по данным Федеральной службы государственной статистики [4, 7, 8].

Выводы

Проведенное исследование позволило установить, что социо-эколого-экономической системе Ульяновской области присущ среднеустойчивый уровень развития. По интегральному индексу устойчивого развития регион занимает 7-е место из 14 субъектов ПФО, по индексу экономической устойчивости – 12-е, по индексу социальной и экологической устойчивости – 5-е место.

Экологическое положение региона ухудшилось за последние 5 лет, при этом уровень воздействия экономики на природные процессы можно признать одним из самых низких среди регионов ПФО. Для Ульяновской области характерна высокая степень износа природоохранных основных фондов и полное отсутствие в структуре регионального бюджета расходов на научные исследования и разработки в области охраны окружающей среды.

Практическая значимость рассчитанных рейтингов состоит в возможности их использования при разработке и совершенствовании региональной политики, обеспечивающей рост социально-экономических показателей и показателей экологизации экономики региона, которые, как показало исследование, оказались слабым звеном эколого-экономической системы Ульяновской области. Совершенствование региональной политики должно осуществляться в направлении исключения социального неравенства населения различных территорий и оптимизации использования ограниченных природных ресурсов.

Ульяновская область обладает потенциалом для преодоления экономического кризиса без существенного вреда для экологии региона. Среди расходов, направленных на решение проблем экологической устойчивости региона, особую значимость имеет финансирование приобретения установок для улавливания и обезвреживания веществ, загрязняющих атмосферу и водные ресурсы. Это, своего рода, природоохранные инвестиции в благополучие региона.

Список источников

1. Аникина И.Д., Аникин А.А. Оценка эколого-экономического состояния Волгоградской области // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. 2019. № 4(60). С. 4. URL: <https://eee-region.ru/article/6004/> (дата обращения 24.08.2020).
2. Канеев Р.К. Социально-экономическая устойчивость региона и ее повышение в современных условиях (на примере Ульяновской области). Казань, 2017. URL: https://kpfu.ru/portal/docs/F786394870/VKR_DIPLOM_gr.14.1_330.Kaneev.R.K..pdf. (дата обращения: 03.10.2020).
3. Карпинская Р.С., Лисеев И.К., Огурцов А.П. Философия природы: коэволюционная стратегия. Москва: Интерпракс, 1995. 350 с.
4. Краткая характеристика состояния преступности в Российской Федерации за январь-декабрь 2018 года // Министерство внутренних дел Российской Федерации. Москва, 2019. URL: <https://мвд.рф/reports/item/16053092/> (дата обращения: 19.07.2020).
5. Мартынов К.П. Методика оценки устойчивости развития региональной аграрной сферы // Теория и практика общественного развития. 2013. № 8. С. 316–318.
6. Навасардян А.А. Хамзина О.И., Банникова Е.В. Анализ эколого-экономической безопасности Ульяновской области и мероприятия по ее обеспечению // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения : материалы Национальной научно-практической конференции (Ульяновск, Ульяновский ГАУ, 20–21 июня 2019 г.). Ульяновск: ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ. С. 299–304.
7. Официальные статистические показатели // Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС). Москва, 2020. URL: <https://fedstat.ru/>. (дата обращения 19.07.2020).
8. Регионы России. Социально-экономические показатели // Федеральная служба государственной статистики. Москва, 2020. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204>. (дата обращения 19.07.2020).
9. Снатенков А.А. Многомерная оценка экономико-экологического состояния регионов Приволжского федерального округа // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 3(47). С. 187–190.
10. Сыромятникова О.П., Задорова Т.В. Оценка эколого-экономического развития региона // Региональная экономика: теория и практика. 2016. № 8(431). С. 176–186.
11. Ускова Т.В. Управление устойчивым развитием региона. Вологда: ИСЭРТ РАН, 2009. URL: <https://adminugra.ru/upload/medialibrary/b1d/upravlenie-ustoychivym-razvitiem-regiona.pdf>. (дата обращения 03.10.2020).
12. Чибилев А.А., Григорьевский Д.В., Мелешкин Д.С. Картографический анализ эколого-экономической безопасности природно-хозяйственной системы Среднего Поуралья // Фундаментальные исследования. 2019. № 7. С. 124–130.
13. Яшалова Н.Н. Разработка индикаторов «зеленой экономики» на региональном уровне // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2014. Т. 10, № 40(277). С. 26–34.

References

1. Anikina I.D., Anikin A.A. Otsenka ekologo-ekonomicheskogo sostoyaniya Volgogradskoy oblasti [Volgograd Oblast eco-economic condition assessment]. *Regional'naya ekonomika i upravlenie = Regional economy and management: electronic scientific journal*. 2019;4(60):4. URL: <https://eee-region.ru/article/6004/>. (In Russ.).
2. Kaneev R.K. Social'no-ekonomicheskaya ustojchivost' regiona i ee povyshenie v sovremennykh usloviyakh (na primere Ul'yanovskoy oblasti) [Socio-economic stability of the region and its increase in modern conditions (on the example of Ulyanovsk Oblast)]. Kazan, 2017. URL: https://kpfu.ru/portal/docs/F786394870/VKR._DIPLOM_.gr..14.1_330.Kaneev.R.K..pdf. (In Russ.).
3. Karpinskaya R.S., Liseev I.K., Ogurtsov A.P. Filosofiya prirody: koevolucionnaya strategiya [Philosophy of nature: coevolutionary strategy]. Moscow: Interprax Press, 1995. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001703122>. (In Russ.).
4. Kratkaya kharakteristika sostoyaniya prestupnosti v Rossijskoj Federatsii za yanvar'-dekabr' 2018 goda [Brief description of the state of crime in the Russian Federation for January-December 2018]. Ministerstvo vnutrennikh del Rossijskoj Federatsii [Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation]. Moscow, 2019. URL: <https://мвд.рф/reports/item/16053092>. (In Russ.).
5. Martynov K.P. Metodika ocenki ustojchivosti razvitiya regional'noj agrarnoj sfery [Methodology of assessment of the sustainability of the development of the regional agrarian sector], *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya = Theory and Practice of Social Development*. 2013;8:316-318. (In Russ.).
6. Navasardyan A.A., Hamzina O.I., Bannikova E.V. Analiz ekologo-ekonomicheskoy bezopasnosti Ul'yanovskoy oblasti i meropriyatiya po ee obespecheniyu [Analysis of the environmental and economic security of the Ulyanovsk region and measures to ensure it]. *Agrarnaya nauka i obrazovanie na sovremennoy etape razvitiya: opyt, problemy i puti ih resheniya : Materialy Nacional'noj nauchno-prakticheskoy konferentsii (Ul'yanovsk, Ul'yanovskij GAU, 20-21 iyunya 2019) [Agrarian science and education at the present stage of development: experience, problems and ways to solve them : Materials of the National Scientific and Practical Conference (Ulyanovsk, Ulyanovsk State Agrarian University, June 20-21, 2019)]*. Ulyanovsk: Ulyanovsk State Agrarian University. Press; 2019: 299-304. (In Russ.).
7. Oficial'nye statisticheskie pokazateli [Official statistical indicators]. Edinaya mezhvedomstvennaya informatsionno-statisticheskaya Sistema (EMISS) [Unified Interdepartmental Information and Statistical System (EMISS)]. Moscow, 2020. URL: <https://fedstat.ru/>. (In Russ.).
8. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli [Regions of Russia. Socio-economic indicators]. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki [Federal State Statistics Service]. Moscow, 2020. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204>. (In Russ.).
9. Snatenkov A.A. Mnogomernaya ocenka ekonomiko-ekologicheskogo sostoyaniya regionov Privolzhskogo federal'nogo okruga [Multidimensional assessment of the economic and ecological state of the regions of the Volga Federal District]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2014;3(47):187-190. (In Russ.).
10. Syromyatnikova O.P., Zadorova T. V. Ocenka ekologo-ekonomicheskogo razvitiya regiona [Assessment of ecological and economic development of the region]. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika = Regional economy: theory and practice*. 2016;8(431):176-186. (In Russ.).
11. Uskova, T.V. Upravlenie ustojchivym razvitiem regiona [Management of sustainable development of the region]. Vologda: ISERT RAN, 2009. URL: <https://adminugra.ru/upload/medialibrary/b1d/upravlenie-ustojchivym-razvitiem-regiona.pdf>. (In Russ.).
12. Chibilev A.A., Grigorevskij D.V., Meleshkin D.S. Kartograficheskij analiz ekologo-ekonomicheskoy bezopasnosti prirodno-khozyajstvennoj sistemy Srednego Pural'ya [Cartographic analysis of ecological and economic security of the natural and economic system of the Middle Urals]. *Fundamental'nye issledovaniya = Fundamental research*. 2019;7:124-130. (In Russ.).
13. Yashalova N.N. Razrabotka indikatorov "Zelenoj ekonomiki" na regional'nom urovne [Development of "Green economy" indicators at the regional level]. *Nacional'nye interesy: priority i bezopasnost' = National interests: priorities and security*. 2014;40(277):26-34. (In Russ.).

Информация об авторах

М.Л. Яшина – доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры финансов и кредита ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина».

М.С. Бадашин – обучающийся ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина».

Information about the authors

M.L. Yashina, Doctor of Economic Sciences, Docent, Professor, the Dept. of Finance and Credit, Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin.

M.S. Badashin, Student, Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin.

Статья поступила в редакцию 18.09.2021; одобрена после рецензирования 28.10.2021; принята к публикации 20.11.2021.

The article was submitted 18.09.2021; approved after revision 28.10.2021; accepted for publication 20.11.2021.

© Яшина М.Л., Бадашин М.С., 2021

**Учебники, монографии, учебные пособия,
опубликованные учеными Воронежского
государственного аграрного университета
в 2021 году**

Учебники и учебные пособия

Антикризисное управление: учебное пособие для обучающихся по специальности 38.05.01 – Экономическая безопасность / сост. Е.В. Закшевская, Т.В. Закшевская, М.В. Загвозкин, О.В. Королева, С.В. Куксин, И.Ю. Федулова ; под ред. Е.В. Закшевской. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 299 с.

Буховец А.Г. Практикум по математической статистике (с использованием системы STATISTICA) : (направление: 38.03.01 Экономика) / А.Г. Буховец, Е.А. Семин, Т.Я. Бирючинская ; под ред. А. Г. Буховца. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 132 с.

Венцова И.Ю. Биологическая химия : учебно-методическое пособие по изучению дисциплины и выполнению лабораторных работ для обучающихся очной и заочной форм обучения факультета ветеринарной медицины и технологии животноводства по специальности 36.05.01 – Ветеринария / И.Ю. Венцова, В.А. Сафонов. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 106 с.

Ветеринарная рентгенология : учебник / И.А. Никулин, С.П. Ковалев, В.И. Максимов, Ю.А. Шумилин. – 3-е изд. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 208 с.

Клиническая диагностика внутренних болезней животных : учебник для вузов / С.П. Ковалев, А.П. Курдеко, Е.Л. Братушкина [и др.]. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 544 с.

Лакомов И.В. Лабораторный практикум по дисциплине «Техническое обслуживание и ремонт электроустановок» : учебное пособие для вузов по направлению 35.03.06 «Агроинженерия», профиль «Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт электроустановок» / И.В. Лакомов, Ю.М. Помогаев, Е.А. Извеков. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 295 с.

Макроэкономика: учебно-методическое пособие по выполнению курсовых работ для обучающихся по направлению подготовки 38.03.01 «Экономика» / разработ.: Н.В. Шишкина, А.Б. Ефимов, Т.Б. Ивашина, Е.А. Мамистова, Е.Б. Сальникова, С.В. Спатов. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 92 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://catalog.vsau.ru/elib/metod/m164398.pdf>>.

Макроэкономика (продвинутый уровень) : учебно-методическое пособие по освоению дисциплины и организации самостоятельной работы обучающихся для направления подготовки 38.04.01 «Экономика» / сост. : Н.В. Шишкина, Е.Б. Сальникова, Е.А. Мамистова. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 133 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://catalog.vsau.ru/elib/metod/m164226.pdf>>.

Маслова И.Н. Современные концепции и формы реализации налогового администрирования : учебно-методическое пособие для направления подготовки 38.04.01 Экономика по профилю Корпоративный финансовый менеджмент / И.Н. Маслова, А.С. Оробинский. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 60 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://catalog.vsau.ru/elib/metod/m164522.pdf>>.

Математика и математическая статистика : учебное пособие для обучающихся факультета агрономии, агрохимии и экологии и факультета технологии и товароведения / В.П. Шацкий, П.В. Москалев, И.В. Гріднева [и др.]. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 221 с.

Мелькумов Г.М. Патология культурных растений : учебное пособие / Г.М. Мелькумов, Е.А. Мелькумова, А.Ф. Климкин. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 192 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://catalog.vsau.ru/elib/books/b157586.pdf>>.

Меренкова И.Н. Эффективность и устойчивость развития предприятий АПК : учебное пособие / И.Н. Меренкова. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 91 с.

Микроэкономика (продвинутый уровень) : учебно-методическое пособие по освоению дисциплины и организации самостоятельной работы обучающихся для направления подготовки 38.04.01 «Экономика» / сост. : Н.В. Шишкина, Е.Б. Сальникова, Е.А. Мамистова. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 102 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://catalog.vsau.ru/elib/metod/m164225.pdf>>.

Несмеянова М.А. Агроценозы ЦЧР : учебное пособие / М.А. Несмеянова, Е.В. Коротких, А.В. Дедов. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 320 с.

Никулин И.А. Клинический анализ мочи домашних животных : учебно-методическое пособие / И.А. Никулин. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 66 с.

Обоснование оптимальных параметров развития сельскохозяйственных предприятий : учебно-методическое пособие для студентов, обучающихся по направлениям: 38.03.01 Экономика, 38.03.02 Менеджмент, 38.05.01 Экономическая безопасность / А.В. Улезько, А.А. Тютюников, Е.Д. Кузнецова, Е.П. Рябова. – 2-е изд., доп. и перераб. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 190 с.

Органическое земледелие Воронежской области (полевые культуры) : учебное пособие / А.В. Дедов и др. – 2-е изд., доп. и перераб. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 459 с.

Основы управления персоналом : учебное пособие : учебно-методическое пособие для направлений подготовки бакалавров 38.03.01, 38.03.02, 38.03.04 / сост.: Т.В. Сабетова, А.О. Котарева. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 107 с.

Оценка эффективности инвестиционных проектов в агроинженерии : учебное пособие для обучающихся высших учебных заведений по направлению подготовки 35.04.06 «Агроинженерия» / С.А. Горланов, З.П. Медеяева, Д.Н. Бойко [и др.]. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 176 с.

Польских С.В. Физколлоидная химия : учебно-методическое пособие по изучению дисциплины и выполнению лабораторных работ для обучающихся очной и заочной форм обучения факультета ветеринарной медицины и технологии животноводства по направлению подготовки 36.03.01 – «Ветеринарно-санитарная экспертиза» / С.В. Польских. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 147 с.

Предоперационное ведение животных : учебное пособие для обучающихся по специальности «Ветеринария» / Г.П. Пигарева, К.А. Лободин, Л.Н. Симонова [и др.]. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 104 с.

Прогнозирование и планирование в налогообложении : учебное пособие для обучающихся высших учебных заведений по направлению подготовки 38.03.01 «Экономика» / сост.: И.В. Оробинская, А.Г. Казьмин]. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 352 с.

Проектирование комплексной механизации животноводческих ферм и комплексов : учебное пособие для обучающихся высших учебных заведений по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия» / Е.А. Андрианов, А.А. Андрианов, М.Н. Яровой [и др.] ; под общ. ред. Е.А. Андрианова. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 139 с.

Проектирование конструкций молотковых дробилок. Теория и расчет : учебно-методическое пособие для обучающихся высших учебных заведений по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия» / М.Н. Яровой, Е.А. Андрианов, А.А. Андрианов, А.С. Корнев. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 90 с.

Русский язык как иностранный : учебно-методическое пособие для иностранных обучающихся / Т.Н. Данькова, Т.А. Шепилова, И.Л. Новокрещенова и др. ; под общ. ред. Т.Н. Даньковой. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 263 с.

Саратова О.В. Муниципальное право России : учебное пособие / О. В. Саратова; ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 127 с.

Спортивные игры (волейбол) : учебно-методическое пособие для обучающихся всех направлений и специальностей очной и заочной форм обучения / сост. Е.В. Запорожцев, О.Н. Крюкова, А.В. Ежова. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 93 с.

Сулейманов С.М. Патологическая анатомия животных : учебное пособие / С.М. Сулейманов, Л.И. Дроздова. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 196 с.

Улезько А.В. Методика экономических исследований : практикум для студентов, обучающихся по специальности: 38.05.01 Экономическая безопасность / А.В. Улезько, Е.Д. Кузнецова, Е.П. Рябова. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 99 с

Физика : учебно-методическое пособие для выполнения лабораторных работ обучающимися очного и заочного отделения по направлению 35.03.06 Агроинженерия с использованием элементов ДОТ / сост.: В.С. Воищев, А.Н. Ларионов, Ю.И. Солдатов. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 100 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://catalog.vsau.ru/elib/metod/m164177.pdf>.

Четвертаков И.М. Экономика АПК : учебное пособие / И.М. Четвертаков. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 84 с.

Чупахин А.В. Практикум по технологии ремонта машин : учебное пособие для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Технология ремонта машин» обучающимися агроинженерного факультета по направлению 35.03.06 «Агроинженерия», направленность (профиль) – «Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт машин и оборудования» / А.В. Чупахин, Е.В. Пухов, Н.Н. Булыгин. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 294 с.

Экологическая сертификация : учебное пособие для обучающихся по направлению 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение» / сост. О.М. Кольцова. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 153 с.

Экономическая теория : учебно-методическое пособие по выполнению курсовых работ для обучающихся по направлению подготовки 38.03.04 Государственное и муниципальное управление / разработ. М.Н. Гринева, Е.А. Мамистова, Е.Б. Сальникова, С.В. Спахов]. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 50 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://catalog.vsau.ru/elib/metod/m164405.pdf>.

Wer lebt auf dem Bauernhof? : учебное пособие по немецкому языку для обучающихся среднего профессионального образования факультета ветеринарной медицины и технологии животноводства / сост.: Р.Г. Белянский, Л.И. Лютова. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 82 с.

Монографии

Аграрные рынки: состояние, тенденции развития и государственное регулирование : монография / Е.В. Закшевская, О.Г. Чарыкова, Р.П. Белолипов [и др.] ; под общ. ред. Е.В. Закшевской. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 196 с.

Беспалова Н.С. Эпизоотология и инновационные подходы к лечению крупного рогатого скота при телязиозе : монография / Н.С. Беспалова, Г.А. Востроилова, Н.А. Григорьева. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 118 с.

Доильный аппарат непрерывного молоковыведения : монография / Е.А. Андрианов, А.А. Андрианов, Д.И. Яловой [и др.] ; под общ. ред. Е.А. Андрианова. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 132 с.

Жукова М.А. Перспективы цифровой трансформации сельского хозяйства : монография / М.А. Жукова, А.В. Улезько. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 180 с.

Загайтов И.Б. Актуальные проблемы фундаментальной и прикладной экономической науки : монография / И.Б. Загайтов. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – Ч. 15 : От единой теории поля – к теории бытия Вселенной (опыт 65-летних исследований). – 264 с.

Интеллектуальные системы проектирования сетей лесовозных автомобильных дорог : монография / Д.Г. Козлов, В.В. Никитин, А.В. Скрыпников [и др.]. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 206 с.

Использование конкурентоспособных отечественных натуральных кормовых добавок в молочном скотоводстве : монография / А.В. Аристов, С.Н. Семенов, Д.А. Пирогов [и др.]. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 123 с.

Кононова Н.Н. Техничко-технологическая модернизация сельского хозяйства: условия и перспективы : монография / Н.Н. Кононова, А.В. Улезько. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 195 с.

Ляшко С.М. Инновационное развитие молочного скотоводства в интегрированных структурах АПК : монография / С.М. Ляшко, З.П. Медеяева. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 186 с.

Макаревич Л.О. Агропромышленная интеграция в системе сбалансированного развития агропродовольственных систем : монография / Л.О. Макаревич, А.В. Улезько. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 382 с.

Никулин И.А. Гуматы калия и натрия при гипатозе крупного рогатого скота : монография / И.А. Никулин, А.М. Самотин, О.А. Ратных. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 157 с.

Образцов В.Н. Основы возделывания фестулолиума на семена в черноземной лесостепи : монография / В.Н. Образцов, С.В. Кадыров, Д.И. Щедрина. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 188 с.

Пенюкова И.В. Лингвистический и этнографический аспекты изучения русской лексики народной медицины : монография / И.В. Пенюкова, Т.Н. Данькова. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 219 с.

Повышение работоспособности и межсервисного обслуживания рабочих органов и трибосистем технологических машин : монография / Г.А. Пилюшина, Е.А. Памфилов, В.Г. Козлов [и др.]. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 303 с.

Севастьянов В.В. Вопросы физического воспитания студентов : монография / В.В. Севастьянов, Е.А. Стеблецов, В.И. Воропаев. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 156 с.

Шишкина Н.В. Аграрная политика: сущность, функции, направления развития : монография / Н.В. Шишкина, Г.А. Апырбаев, Т.В. Сабетова. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 169 с.

Поливаеву Олегу Ивановичу – 75 лет



18 декабря 2021 г. доктор технических наук, заслуженный работник высшей школы РФ, заслуженный профессор ВГАУ, профессор кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей Олег Иванович Поливаев отмечает 75-летний юбилей.

Родился Олег Иванович в с. Ильиновка Верхнехавского района Воронежской области. В 1969 году окончил факультет механизации сельского хозяйства Воронежского сельскохозяйственного института имени К.Д. Глинки. С 1969 по 1970 г. служил в рядах Советской Армии, а после завершения службы пошел работать главным инженером колхоза им. Мичурина Верхнехавского района Воронежской области.

В 1972 г. Олег Иванович решил попробовать свои силы в науке и поступил в аспирантуру на кафедру тракторов и автомобилей родного факультета механизации сельского хозяйства Воронежского СХИ. С 1975 г. начинает преподавательскую деятельность в должности ассистента кафедры, в которой работал до 1979 г.

В 1977 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему «Исследование влияния упругодемпфирующих приводов ведущих колес трактора Т-40 на работу машинно-тракторного агрегата».

С 1979 по 1996 гг. Олег Иванович работает в должности доцента кафедры тракторов и автомобилей. В 1996 году он защитил докторскую диссертацию на тему: «Снижение динамических нагрузок в машинно-тракторных агрегатах за счет упругодемпфирующих приводов ведущих колес».

В 1997 г. Олег Иванович был избран на должность заведующего кафедрой тракторов и автомобилей. С этого времени все большее внимание стало уделяться им обновлению и модернизации оборудования лабораторий кафедры, а также подготовке учебников и учебных пособий для инженерных и неинженерных специальностей.

Так, под его редакцией сотрудниками кафедры издано свыше 20 учебников и учебных пособий, в том числе в центральных издательствах. Это учебники и учебные пособия по теории и конструкции тракторов и автомобилей, испытанию сельскохозяйственной техники и энергосиловых установок, электронным системам управления современных двигателей и др. Все учебные издания получили одобрение на уровне учебно-методического объединения вузов Российской Федерации по направлению подготовки «Агроинженерия».

Крупный ученый, продолжатель идей профессоров В.Ф. Завалишина и Е.М. Харитончика, Олег Иванович Поливаев внес большой вклад в развитие теории и практики конструирования тракторов и автомобилей, его деятельность известна научной общественности как в России, так и за ее пределами. В Воронежском государственном аграрном университете Олег Иванович создал научную школу, занимающуюся проблемами по снижению динамических нагрузок, улучшения тягово-сцепных свойств мобильных энергетических средств и условий труда операторов тракторно-транспортных агрегатов. Научные разработки и рекомендации Олега Ивановича внедрены на тракторных заводах России, а также нашли практическое применение в хозяйствах Воронежской и Липецкой областей.

По результатам своей научно-исследовательской работы Олегом Ивановичем подготовлены и опубликованы шесть монографий, которые активно используют в своей работе молодые аспиранты и ученые кафедры, свыше 500 научных и методических работ, получено более 70 патентов на изобретения и полезные модели. Многие из предложенных им технических решений легли в основу кандидатских диссертаций его учеников. Под его руководством 13 молодых ученых защитили кандидатские диссертации.

Сегодня Олег Иванович работает профессором кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей агроинженерного факультета Воронежского ГАУ. Читает лекции по теории мобильных энергетических средств, продолжает работать с аспирантами и реализовывать с ними свои идеи.

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

В настоящее время на базе ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» функционируют четыре диссертационных совета:
Д 220.010.02, Д 220.010.03, Д 220.010.04 и Д 220.010.07.

Диссертационный совет Д 220.010.02 принимает к защите диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по специальности

08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством (экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами – АПК и сельское хозяйство) (экономические науки).

Председатель – Терновых Константин Семенович, доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой организации производства и предпринимательской деятельности в АПК.

Заместитель председателя – Улезько Андрей Валерьевич, доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой информационного обеспечения и моделирования агроэкономических систем.

Ученый секретарь – Агibalов Александр Владимирович, кандидат экономических наук, доцент, зав. кафедрой финансов и кредита.

Диссертационный совет Д 220.010.03 принимает к защите диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по специальностям:

06.01.01 – Общее земледелие, растениеводство (сельскохозяйственные науки);

06.01.05 – Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений (сельскохозяйственные науки).

Председатель – Кадыров Сабир Вагидович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений.

Заместитель председателя – Дедов Анатолий Владимирович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений.

Ученый секретарь – Ващенко Татьяна Григорьевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры селекции, семеноводства и биотехнологий.

Диссертационный совет Д 220.010.04 принимает к защите диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по специальностям:

05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки, сельскохозяйственные науки);

05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве (технические науки).

Председатель – Оробинский Владимир Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей.

Заместители председателя:

Гулевский Вячеслав Анатольевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры математики и физики;

Тарасенко Александр Павлович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей.

Ученый секретарь – Афоничев Дмитрий Николаевич, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой электротехники и автоматики.

Диссертационный совет Д 220.010.07 принимает к защите диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по специальностям:

03.02.14 – Биологические ресурсы (сельскохозяйственные науки);

06.01.04 – Агрохимия (сельскохозяйственные науки).

Председатель – Мязин Николай Георгиевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии.

Заместитель председателя – Олейникова Елена Михайловна, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений.

Ученый секретарь – Стекольников Нина Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии.

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;
- реферат на русском языке, оформленный в соответствии с ГОСТ 7.9-95 объемом от 200 до 250 слов (не более 2000 знаков с пробелами), который 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). Реферат 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);
- реферат (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 (Author Credentials; Affiliation): 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 A4). Рисунки (графический материал) должны быть выполнены в форме jpg или tif с разрешением не менее 200 dpi, обеспечивать ясность передачи всех деталей (только черно-белое исполнение). Таблицы являются частью текста и не должны создаваться как графические объекты. Полутонные фотографии могут использоваться только при крайней необходимости. Таблицы, рисунки, а также уравнения нумеруются в порядке их упоминания в тексте.

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Статьи рецензируются.

Редакторы **С.А. Дубова, Т.А. Игнатова**
Компьютерная верстка **Е.В. Корнова**

Дата выхода в свет 31.01.2022 г.

Подписано в печать 29.12.2021 г. Формат 60х84^{1/8}
Бумага офсетная. Объем 17,6 п.л. Гарнитура Times New Roman.
Тираж 1100 экз. Заказ № 22702
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

