

ISSN 2071-2243

DOI: 10.53914/issn2071-2243

# ВЕСТНИК

**Воронежского государственного  
аграрного университета**

Теоретический  
и научно-практический  
журнал

*Том 15, 2(73) • 2022*



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 15,  
выпуск 2(73)**

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2022\_2

ВОРОНЕЖ  
ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ  
2022

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 (№ 333 по состоянию на 25.05.2022)**

**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);
- 06.01.02** – Мелиорация, рекультивация и охрана земель (сельскохозяйственные науки);
- 06.01.04** – Агрехимия (сельскохозяйственные науки);
- 06.01.04** – Агрехимия (биологические науки);
- 06.01.06** – Луговоеводство 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);
- 08.00.12** – Бухгалтерский учет, статистика (экономические науки);
- 08.00.13** – Математические и инструментальные методы экономики (экономические науки);
- 4.1.1** – Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки (с 01.02.2022));
- 5.2.4** – Финансы (экономические науки) (с 01.02.2022).

## 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 «Сопrotивление 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».

**Щацкий 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 плодовоощного 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».

**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».

**Курносов 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](mailto:vestnik@srd.vsau.ru)

© ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2022

ISSN 2071-2243  
DOI: 10.53914/issn2071-2243

# 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 15,  
Issue 2(73)**

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2022\_2

VORONEZH  
Voronezh SAU  
2022

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. 333 as of May 25, 2022**

**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);
- 06.01.02** – 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);
- 08.00.12** – Accounting, Statistics (Economic Sciences);
- 08.00.13** – Mathematical and Instrumental Methods in Economics (Economic Sciences);
- 4.1.1** – General Soil Management and Crop Science (Agricultural Sciences);
- 5.2.4** – Finance (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. Orobinsky**, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor, Head of the Department of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Dean of the Faculty of Rural Engineering, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

**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.

**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. Zhuzhzhhalova**, 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.

**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. Gribanova**

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

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

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

ISSN 2071-2243

No fee is charged from postgraduate students for publications

Founder: Voronezh SAU

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

© Voronezh SAU, 2022

---

# 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

---

<b>Оробинский В.И., Гиевский А.М., Гулевский В.А., Корнев А.С., Подорванов Д.А.</b> Совершенствование системы доработки колосового вороха <b>Orobinsky V.I., Gievsky A.M., Gulevsky V.A., Kornev A.S., Podorvanov D.A.</b> Improvement of postharvest grain heap finish threshing system.....	11
<b>Остриков В.В., Нагдаев В.К., Вигдорович М.В., Афоничев Д.Н., Забродская А.В., Жерновников Д.Н.</b> Проблемы защиты двигателей зерноуборочных комбайнов от износа и коррозии <b>Ostrikov V.V., Nagdaev V.K., Vigdorovich M.V., Afonichev D.N., Zabrodskaia A.V., Zhernovnikov D.N.</b> Challenges encountered in relation to combine harvester engines protection against wear and corrosion .....	18
<b>Остриков А.Н., Копылов М.В., Медведков Е.Б., Аскарлов А.Д., Нурахметов Б.К.</b> Исследование процесса активного вентилирования зерна в послеуборочный период <b>Ostrikov A.N., Kopylov M.V., Medvedkov E.B., Askarov A.D., Nurakhmetov B.K.</b> Investigation of postharvest grain aeration process .....	28
<b>Беляев А.Н., Тришина Т.В., Бурдыкин В.Д., Новиков А.Е., Дьяченко Ю.В.</b> Обоснование выбора системы рулевого управления трактора <b>Belyaev A.N., Trishina T.V., Burdykin V.D., Novikov A.E., Dyachenko Yu.V.</b> Rationale for choosing a tractor steering system .....	39
<b>Василенко С.В., Чернышов А.В., Василенко В.В., Мрыхин П.П., Коржов С.И.</b> Формирование гряды плоским нагребателем грядообразователя для выращивания земляники садовой <b>Vasilenko S.V., Chernyshov A.V., Vasilenko V.V., Malykhin P.P., Korzhov S.I.</b> Raised plant bed forming by pallet handle of ridge digger for garden strawberry cultivation.....	45
<b>Извеков Е.А., Картавец В.В.</b> Оценка повышения надежности электроснабжения потребителя, резервируемого с помощью системы накопления энергии <b>Izvekov E.A., Kartavtsev V.V.</b> Evaluation of reliability improvement of electric power supply to a consumer reserved with the help of an energy storage system .....	53
<b>Извеков Е.А., Лакомов И.В., Сазонов С.Н.</b> Разработка электрической схемы подключения системы накопления энергии к воздушной линии 0,38 кВ <b>Izvekov E.A., Lakomov I.V., Sazonov S.N.</b> Electrical circuit design for coupling an energy storage system to a 0.38 kV overhead line.....	64

---

### АГРОНОМИЯ AGRICULTURAL SCIENCES

---

<b>Коровин А.А., Зеленская Т.Г., Степаненко Е.Е., Окрут С.В., Хасай Н.Ю.</b> Биоремедиация донных отложений рек как способ повышения плодородия почв <b>Korovin A.A., Zelenskaya T.G., Stepanenko E.E., Okrut S.V., Khasay N.Yu.</b> Bioremediation of river bottom sediments as a way of increasing soil fertility.....	71
---	----

---

**Багнавец Н.Л., Жевнеров А.В., Григорьева М.В.**

Современные тест-методы и их использование в качестве контроля потребления фосфатов разной степени очистки в ходе вегетационного опыта

**Bagnavets N.L., Zhevnerov A.V., Grigorieva M.V.**

Modern test methods and their use for controlling the consumption of phosphates of various degrees of purification in a greenhouse trial .....

79

**Рябчинская Т.А., Бобрешова И.Ю., Каширских Ю.В.**

Растения в качестве биопродуцентов бицидных веществ и перспективы создания на их основе биологических инсектоакарицидов

**Ryabchinskaya T.A., Bobreshova I.Yu., Kashirskikh Yu.V.**

Plants as bioproducers of biocidal substances and prospects of creating biological insectoacaricides on their basis .....

87

**Солодухина М.А., Михеев И.Е., Банщикова Е.А., Желибо Т.В.**

Тяжелые металлы и мышьяк в дикорастущих растениях и растениеводческой продукции Балецкого рудного поля (Забайкальский край)

**Solodukhina M.A., Mikheev I.E., Banshchikova E.A., Zhelibo T.V.**

Heavy metals and arsenic in wild plants and plant products of the Baleyky ore field (Zabaykalsky Krai) .....

95

---

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ ECONOMIC SCIENCES

---

**Тютюников А.А., Закшевская Т.В.**

Современная концепция экономического развития: направления, модели, роль аграрного сектора

**Tiutiunikov A.A., Zakshevskaya T.V.**

Contemporary concept of economic development: tendencies, models and agricultural sector role .....

105

**Четвертаков И.М., Четвертакова В.П., Воробьева А.М.**

Состояние и развитие отраслей I и III сфер АПК России

**Chetvertakov I.M., Chetvertakova V.P., Vorobieva A.M.**

Current status and development trends of industries of the spheres I and III of Russian Agro-Industrial Complex .....

126

**Хмелев Д.В., Улезько А.В., Савченко Т.В.**

Функции и состав системы информационного обеспечения сельскохозяйственных производителей

**Khmelev D.V., Ulez'ko A.V., Savchenko T.V.**

Functions and composition of the information support system of agricultural producers .....

137

**Широбоков В.Г., Мандрова А.А., Сигидов Ю.И.**

Основные направления совершенствования системы государственного регулирования развития фермерства (на примере Липецкой области)

**Shirobokov V.G., Mandrova A.A., Sigidov Yu.I.**

Priorities for improving the system of State regulation of the development of farming (in a specific context of Lipetsk Oblast) .....

151

**Ловчикова Е.И., Грудкина Т.И., Зверева Г.П., Волченкова А.С.**

Проблемные аспекты и стратегические направления развития пищевой и перерабатывающей промышленности в Орловской области

**Lovchikova E.I., Grudkina T.I., Zvereva G.P., Volchenkova A.S.**

Areas of concern and strategic directions for food and processing industry development in Orel Oblast .....

159

**Солопов В.А., Анциферова О.Ю., Акиндинов В.В.**

Регулирование затрат и формирование себестоимости продукции растениеводства с использованием экономико-математических методов

**Solopov V.A., Antsiferova O.Yu., Akindinov V.V.**

Regulation of expenses and prime cost determination of crop production using economic and mathematical methods .....

172

---

## НАУЧНАЯ ЖИЗНЬ SCIENTIFIC ACTIVITIES

---

Советы по защите докторских и кандидатских диссертаций, созданные на базе Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I

Doctoral and Candidate Science-Degree Councils

formed on the basis of Voronezh State Agrarian University .....

180

Информация для авторов

Information for authors .....

181

Научная статья

УДК 631.354.2.631.55

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2022\_2\_11

## Совершенствование системы доработки колосового вороха

**Владимир Иванович Оробинский<sup>1</sup>, Алексей Михайлович Гиевский<sup>2</sup>,  
Вячеслав Анатольевич Гулевский<sup>3</sup>, Андрей Сергеевич Корнев<sup>4✉</sup>, Даниил Алексеевич Подорванов<sup>5</sup>**  
<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup>Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия  
<sup>4</sup>kornev.andr@mail.ru✉

**Аннотация.** В работе зерноуборочных комбайнов, не смотря на их постоянное совершенствование, сохраняются определенные недостатки, к которым можно отнести возникновение циркуляционных процессов. Одно и то же зерно несколько раз проходит через систему домолота, что в значительной мере увеличивает вероятность его травмирования. Поврежденное зерно имеет малый срок хранения и низкие посевные качества. Для устранения данной проблемы необходимо совершенствовать систему домолота зерноуборочного комбайна, а именно – внедрять в серийные конструкции современные технические решения. С целью определения эффективности применения новых технических решений по домолоту зернового вороха в лабораторных условиях провели экспериментальные исследования. В эксперименте сравнивали работу трех конструкций домолачивающих устройств, а именно: домолачивающее устройство, установленное на комбайне РСМ-101 «Вектор», модернизированный шнековый барабан и домолачивающее устройство, выполненное по патенту на полезную модель № 152408. Исследование проводили на ворохе озимой пшеницы. Влажность зерна, входящего в состав зернового вороха, составляла 15,4%. В результате проведенных исследований выявили, что при увеличении загрузки очистки зерноуборочной машины с 1,0 до 7,0 кг/с наблюдается снижение дробления. С увеличением массы мелкого перемолоченного вороха, подаваемого на очистку, увеличивается и его выход в камеру колосового шнека, т.е. на повторный обмолот. С увеличением количества подачи вороха в камеру домолачивающего устройства снижается вероятность соприкосновения элементов рабочих органов с зерновками, что, в свою очередь, приводит к снижению как дробления, так и микротравмирования зерна. Применение конструкции домолачивающего устройства, изготовленного по патенту № 152408, в сравнении с заводским вариантом позволяет снизить дробление семян в 2,6–3,0 раза, что указывает на целесообразность совершенствования серийных конструкций домолачивающих устройств.

**Ключевые слова:** зерноуборочные комбайны, зерновой ворох, система доработки колосового вороха, травмирование семенного материала, повышение качества семян

**Для цитирования:** Оробинский В.И., Гиевский А.М., Гулевский В.А., Корнев А.С., Подорванов Д.А. Совершенствование системы доработки колосового вороха // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 2(73). С. 11–17. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_2\\_11](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_11)–17.

## TECHNOLOGIES AND MECHANICAL MEANS IN AGRICULTURE (ENGINEERING SCIENCES)

Original article

## Improvement of postharvest grain heap finish threshing system

**Vladimir I. Orobinskiy<sup>1</sup>, Aleksey M. Gievsky<sup>2</sup>, Vyacheslav A. Gulevsky<sup>3</sup>,  
Andrey S. Kornev<sup>4✉</sup>, Daniil A. Podorvanov<sup>5</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup>Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

<sup>4</sup>kornev.andr@mail.ru✉

**Abstract.** Grain harvesters, despite their constant improvement, retain certain disadvantages, which include the occurrence of circulation processes. The same grain passes through the threshing system several times, which greatly increases the probability of its damage. That is why damaged grain has a short shelf life and low sowing qualities. In order to fix that, it is necessary to improve the system of grain harvester finish threshing, namely, to introduce modern technical solutions into serial designs. The authors conducted experimental studies in laboratory conditions aimed at determining the effectiveness of the use of new engineering solutions for finish threshing of grain heap. In the experiment, the work of three designs of additional threshing devices was compared, namely: an additional threshing device installed on the RSM-101 Vector combine, an upgraded screw drum, and a device made according to utility model patent 152408. The study was carried out on a grain heap of winter wheat. The moisture content of the grain in the grain heap was 15.4%. The conducted study results show that with an increase in the cleaning load of the grain

harvester from 1.0 to 7.0 kg/s, a decrease in grain damage is observed. With an increase in the mass of fed for cleaning fine grinded heap, its output into the chamber of tailings screw conveyor increases, i.e. for recycling threshing. With an increase in the amount of heap feeding into the chamber of the finish threshing device, the probability of contact of the elements of the working bodies with the grains decreases, which in turn leads to a decrease in both crushing and microtrauma of grain. The use of the design of the finish threshing device manufactured according to patent 152408, in comparison with the factory version, reduces seed damage by 2.6-3.0 times. This indicates the expediency of improving serial designs of finish threshing devices.

**Keywords:** combine harvesters, grain heap, finish threshing system, seed material damage, seed quality improvement

**For citation:** Orobinsky V.I., Gievsky A.M., Gulevsky V.A., Kornev A.S., Podorvanov D.A. Improvement of postharvest grain heap finish threshing system. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(2):11-17. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_2\\_11-17](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_11-17).

**В** настоящее время основным технологическим средством для уборки выращиваемых культур в хозяйствах России является зерноуборочный комбайн. Развитие отрасли сельхозмашиностроения неразрывно связано с обеспечением нашего государства продуктами растениеводства собственного производства. Основным производителем зерноуборочных машин в России является ООО «Комбайновый завод «Ростсельмаш», за рубежом – такие компании, как Fendt, Deutz-Fahr, AGCO, Case, Class, John Deere, CNH, New-Holland, Massey Ferguson. Следует отметить, что компании по выпуску зерноуборочной техники постоянно совершенствуют свои модельные ряды [1, 8, 10, 11].

Эффективность работы зерноуборочной техники характеризуют качественные показатели продуктов обмолота, которые зависят от зоны возделывания той или иной культуры, ее физико-механических свойств, конструктивных и режимных показателей работы молотильно-сепарирующего устройства и системы доработки колосового вороха. Известно, что при работе зерноуборочной машины в молотилке наблюдаются циркуляционные процессы [3, 6]. Одно и то же зерно несколько раз проходит через систему домолота. Многократное воздействие рабочих органов на зерновки приводит к повышению их травмирования и резкому снижению посевных качеств. Травмированные семена в большей степени подвергаются воздействию микроорганизмов и соответственно плохо хранятся [5, 6].

Технические решения, разработанные для устранения данной проблемы можно систематизировать и разделить на несколько групп:

- обмолот колосового вороха основным барабаном;
- комбинированная доработка колосового вороха;
- доработка домолачивающим устройством в едином потоке;
- домолот автономным устройством с возвратом его на очистку комбайна.

Один из вариантов исполнения домолачивающего устройства зерноуборочного комбайна рассмотрим на примере РСМ-101 «Вектор», который включает в себя домолачивающее устройство колосового вороха, содержащее корпус, закрепленный на левой панели молотилки, соединенный с верхней головкой колосового элеватора трехлопастный ротор, установленный шарнирно в корпусе в опорах, фрикционную накладку, распределительный шнек, установленный на двух подшипниках, и обечайку [4, 7].

К недостаткам данной конструкции домолачивающего устройства можно отнести низкую эффективность выделения зерна из колосового вороха, забивание конструкции влажными зерновками убираемых культур, высокий уровень их дробления и травмирования, что приводит к снижению производительности зерноуборочных машин.

Устройство для доработки колосового вороха, выполненное по патенту № 157767 [9], оригинально вписывается в общую технологическую схему зерноуборочной машины, не требует больших материальных и денежных затрат.

Общий вид домолачивающего устройства представлен на рисунке 1.

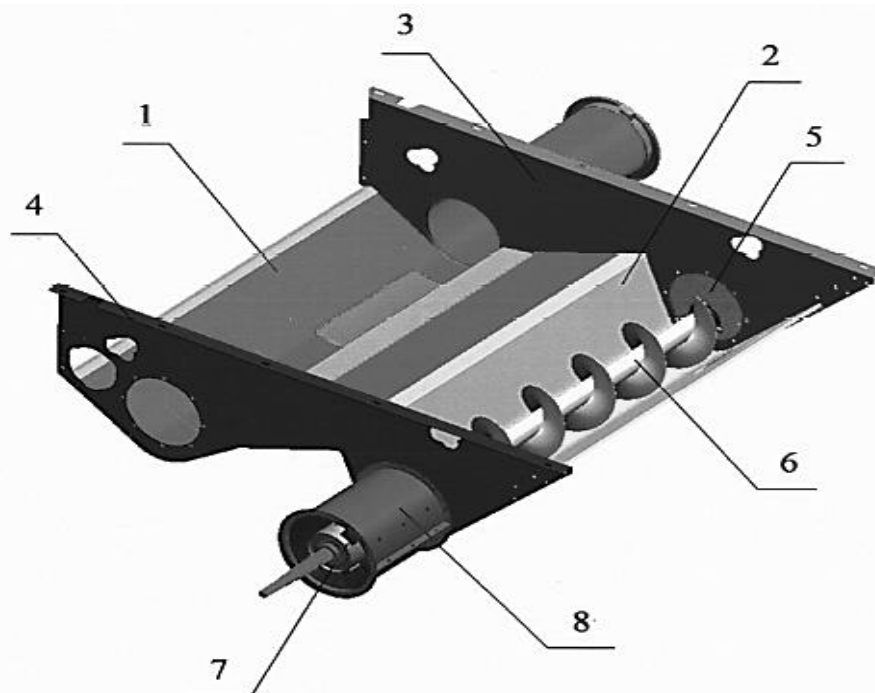


Рис. 1. Общий вид устройства для домолота колосового вороха: 1 – кожух колосового шнека; 2 – желоб; 3 – правая боковина кожуха; 4 – левая боковина кожуха; 5 – фланец; 6 – колосовой шнек; 7 – роторный барабан; 8 – горловина

Устройство для доработки колосового вороха, представленное на рисунке 1, работает следующим образом. Зерновая смесь, включающая в себя необмолоченные колосья, свободно обмолоченное зерно, половистые и солоmistые примеси, сепарируется через верхнее решето, удлинитель верхнего решета, а сходящая часть с нижнего решета попадает в камеру колосового шнека. Колосовой шнек подает эту массу в молотильный зазор между роторным барабаном 7 с рифлеными бичами и деками. За счет протаскивания и перетирания колосового вороха происходит выделение оставшегося зерна в колосьях. Затем обмолоченная масса колосовым элеватором транспортируется в корпус распределительного шнека и далее последним подается на транспортную доску. К недостаткам данного технического решения можно отнести высокий уровень дробления и микротравмирования семенного материала шнековыми устройствами. Задачей проектно-конструкторских организаций в области комбайностроения должна стать разработка научно обоснованных рекомендаций по оптимизации режимов обмолота, увеличению производительности зерноуборочных машин, снижению потерь и травмирования зерна.

Из множества конструкций автономных домолочивающих устройств наибольший интерес представляет конструкция, разработанная коллективом ООО «Комбайновый завод «Ростсельмаш» и выполненная по патенту на полезную модель № 152408 от 27.05.2015 г. Данное техническое решение конструктивно вписывается в технологическую схему комбайна и легко монтируется [2].

Предполагается, что использование такого технического решения в конструкции зерноуборочного комбайна позволит повысить качество выделения зерна зернобобовых культур из колосового вороха, снизить дробление и травмирование.

Для достижения указанного технического результата в предложенное устройство, содержащее корпус, закрепленный на левой панели молотилки и соединенный с верхней головкой колосового элеватора, распределительный шнек, установленный на двух подшипниках, и обечайку, введены два битера и четыре опоры, при этом битеры шарнирно установлены в корпусе на опорах и представляют собой барабаны, снабженные рабочими элементами в виде петлевидных зубьев, причем зубья выполнены из

прутков круглого сечения. Зубья первого битера смещены в осевом направлении на полшага так, чтобы зубья второго битера свободно проходили между зубьями первого битера. Битеры совершают вращение в противоположных направлениях, при этом колосовой ворох проходит между ними.

Общий вид домолачивающего устройства представлен на рисунке 2, основные узлы – на рисунке 3.

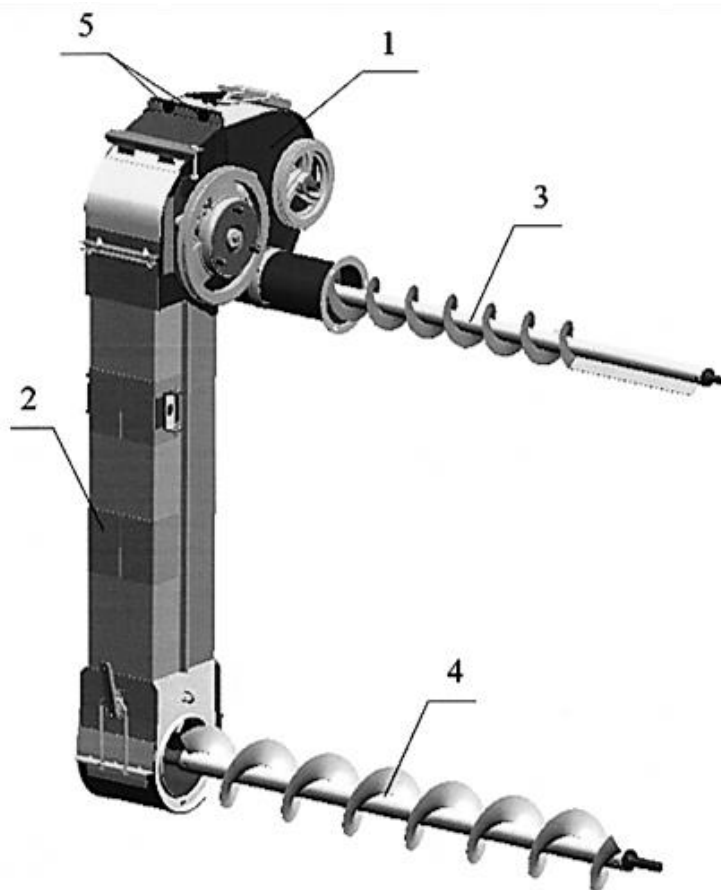


Рис. 2. Общий вид домолачивающего устройства: 1 – домолачивающее устройство; 2 – колосовой элеватор; 3 – распределительный шнек; 4 – колосовой шнек; 5 – болтовое соединение

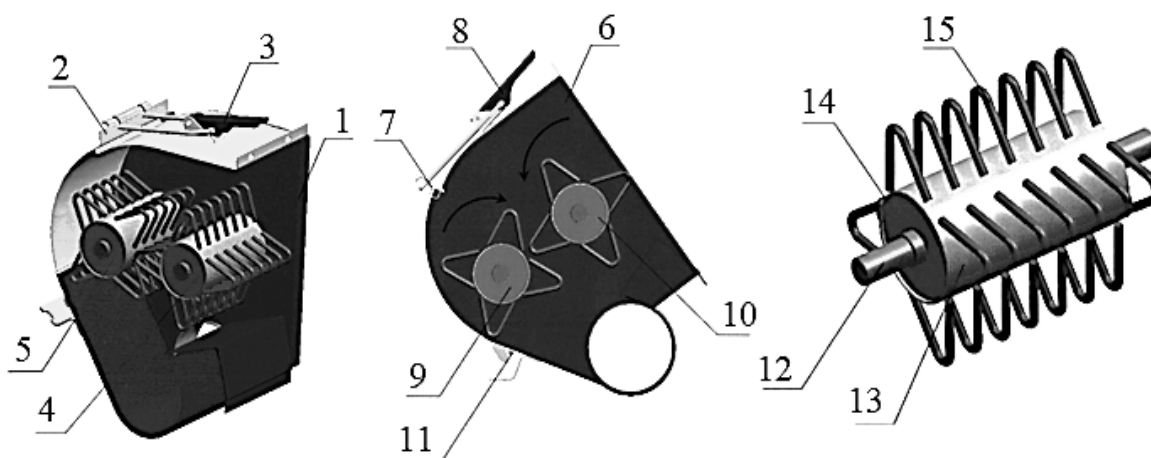


Рис. 3. Основные узлы домолачивающего устройства: 1, 6 – корпус; 2, 7 – обечайка; 3, 8 – замок; 4, 5, 9, 10 – битеры; 11 – ось; 12 – вал; 13 – труба; 14 – диски; 15 – зубья

Колосовой ворох, представляющий собой сложную смесь оборванных необмолоченных колосьев, половистых, солоmistых частиц и свободно обмолоченного зерна, подается к колосовому элеватору 2 и далее выбрасывается сверху в корпус домолачивающего устройства 1. Поступающий ворох подхватывается зубьями 15 битера и подается в пространство между вращающимися в противоположные по ходу движения колосового вороха битерами. Компоненты вороха подвергаются сжатию и изгибу между битерами, тем самым обеспечивается выделение оставшегося зерна из колосьев. Далее обмолачиваемая масса подается на распределительный шнек 3 (рис. 2) и стрясную доску (на рисунке не показана).

Для подтверждения эффективности использования предлагаемого технического решения в лабораторных условиях провели экспериментальные исследования. В эксперименте сравнивали работу трех конструкций домолачивающих устройств, а именно: домолачивающее устройство, установленное на комбайне РСМ-101 «Вектор», модернизированный шнековый барабан (рис. 1) и домолачивающее устройство, изготовленное по патенту № 152408. Исследование проводили на ворохе озимой пшеницы. Влажность зерна, входящего в состав зернового вороха, составляла 15,4%.

Результаты лабораторных исследований представлены в таблице и на рисунке 4.

Влияние загрузки очистки на дробление зерна озимой пшеницы

Вариант используемой системы	Подача вороха на очистку, кг/с						
	1	2	3	4	5	6	7
	Дробление зерна, %						
Домолачивающее устройство комбайна РСМ-101 «Вектор»	2,60	2,43	1,93	1,80	1,55	1,20	0,90
Шнековый барабан	1,30	1,10	1,05	0,77	0,75	0,45	0,40
Домолачивающее устройство, выполненное по патенту № 152408	1,00	0,83	0,80	0,55	0,51	0,25	0,10

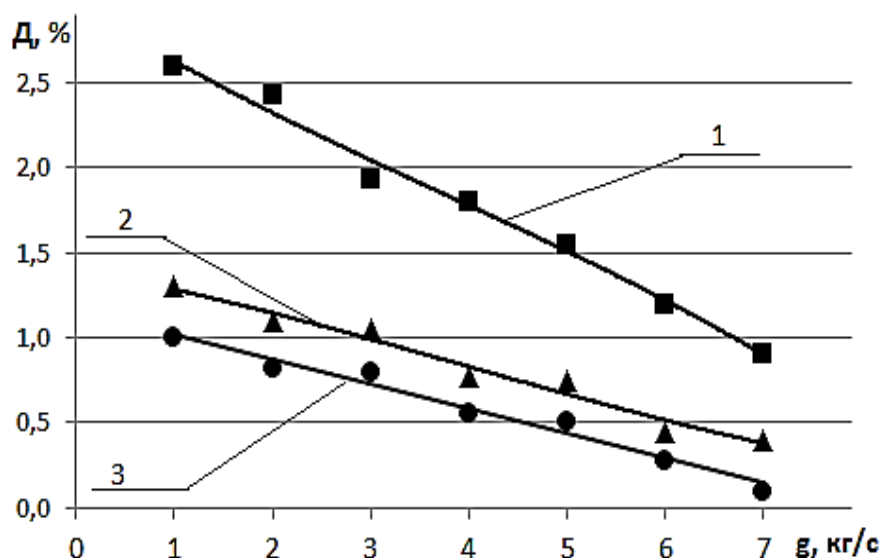


Рис. 4. Зависимость дробления зерна озимой пшеницы от загрузки домолачивающего устройства и его конструкции: 1 – домолачивающее устройство комбайна РСМ-101 «Вектор»; 2 – шнековый барабан; 3 – домолачивающее устройство, выполненное по патенту № 152408



Данные, представленные на рисунке 4, показывают, что с увеличением загрузки очистки зерноуборочной машины с 1,0 до 7,0 кг/с снижается процент повреждаемого зернового и семенного материала. С увеличением массы мелкого перемолоченного вороха, подаваемого на очистку, увеличивается и его выход в камеру колосового шнека, то есть на повторный обмолот. С увеличением количества подаваемого вороха в камеру домолачивающего устройства снижается вероятность соприкосновения элементов рабочих органов с зерновками, что, в свою очередь, приводит к снижению как дробления, так и микротравмирования зерна.

Применение конструкции домолачивающего устройства, изготовленного по патенту № 152408, в сравнении с заводским вариантом позволяет снизить дробление семян в 2,6–3,0 раза. В связи с этим можно сделать вывод о целесообразности модернизации отечественных зерноуборочных комбайнов путем установки данных домолачивающих устройств, что выполнимо в условиях сельскохозяйственных предприятий и небольших крестьянских (фермерских) хозяйств собственными силами и позволит повысить качество зернового вороха в процессе уборки за счет сокращения количества травмированного зернового материала.

#### Список источников

1. Винеvский Е.И., Трубилин Е.И. Оценка конкурентоспособности отечественных и зарубежных зерноуборочных комбайнов // Институциональные преобразования АПК России в условиях глобальных вызовов: сборник тезисов по материалам II Международной конференции (Краснодар, 30–31 октября 2018 г.). Краснодар: ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ, 2018. С. 66.
2. Домолачивающее устройство колосового вороха: пат. на полезную модель 152408 Рос. Федерация. № 2015100973/13; заявл. 12.01.2015; опубл. 12.01.2015. Бюл. № 15. 11 с.
3. Наумов Н.А. Обзор конструкций домолачивающих устройств колосового вороха зерноуборочного комбайна // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XIII Международной научно-практической конференции молодых исследователей (Волгоград, 20–22 марта 2019 г.). Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2019. С. 323–325.
4. Никитин В.В. Совершенствование технологической схемы зерноуборочного комбайна и параметров его рабочих органов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01. Воронеж, 2021. 350 с.
5. Оробинский В.И., Баскаков И.В., Чернышов А.В. Снижение травмирования зерна при уборке: монография. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2017. 161 с.
6. Оробинский В.И., Гулевский В.А., Корнев А.С. и др. Пути снижения циркуляционной нагрузки в молотилке зерноуборочного комбайна // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14, № 3(70). С. 26–31. DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2021\_3\_26.
7. Ряднов А.И., Тронев С.В., Стенковой А.П. Усовершенствованное домолачивающее устройство // Сельский механизатор. 2011. № 7. С. 11.
8. Труфляк Е.В., Трубилин Е.И. Современные зерноуборочные комбайны: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Агроинженерия». Краснодар: ФГБОУ ВПО Кубанский ГАУ, 2013. 320 с.
9. Устройство домолота колосового вороха: пат. на полезную модель 157767, Рос. Федерация. № 2015100403/13; заявл. 12.01.2015; опубл. 10.12.2015. Бюл. № 34. 12 с.
10. Ovchinnikov A.S., Ryadnov A.I., Fedorova O.A., et al. Evaluation of reliability of sorghum harvester // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2017. Vol. 12, no. 7. Pp. 2277–2284.
11. Rjadnov A.I., Fedorenko V.F., Fedorova O.A., et al. Improvements in Broom Corn Harvesting Process // Engineering Technologies and Systems. 2019. Vol. 29, no. 4. Pp. 635–651. DOI: 10.15507/2658-4123.029.201904.635-651.

#### References

1. Vinevskiy E.I., Trubilin E.I. Otsenka konkurentosposobnosti otechestvennykh i zarubezhnykh zerno-uborochnykh kombaynov [Evaluation of the competitiveness of domestic and foreign combine harvesters]. Institutional'nye preobrazovaniya APK Rossii v usloviyakh global'nykh vyzovov: Sbornik tezisov po materialam II Mezhdunarodnoj konferentsii, (Krasnodar, 30-31 oktyabrya 2018 g.) [Institutional transformations of the Agro-Industrial Complex of Russia in the context of global challenges: a collection of abstracts based on the proceedings of the II International Conference (Krasnodar, October 30-31, 2018)]. Krasnodar: Kuban State Agrarian University Press; 2018:66. (In Russ.).
2. Domolachivayushcheye ustroystvo kolosovogo vorokha [Finish threshing device of the grain heap]: patent na poleznuyu model' 152408 Ros. Federatsiya. № 2015100973/13; zayavleno 12.01.2015; opublikovano 12.01.2015, Byul. № 15 = Utility Model Patent 152408 Russian Federation. No. 2015100973/13; claimed 12.01.2015; published 12.01.2015, Bulletin 15. 11 p. (In Russ.).

3. Naumov N.A. Obzor konstruksij domolachivayushchikh ustroystv kolosovogo vorokha zernoubo-rochnogo kombayna [Review of the designs of the threshing devices of the grain heap of the combine harvester]. Nauka i molodiosh': novye idei i resheniya: materialy XIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh issledovatelej (Volgograd, 20-22 marta 2019 g.) [Science and Youth: New Ideas and Solutions: Proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference of Young Researchers (Volgograd, March 20-22, 2019)]. Volgograd: Volgograd State Agrarian University Press; 2019:323-325. (In Russ.).

4. Nikitin V.V. Sovershenstvovanie tekhnologicheskoy skhemy zernoubo-rochnogo kombayna i parametrov ego rabochikh organov [Improving the technological scheme of the combine harvester and the parameters of its working bodies]: dissertatsiya ... doktora tekhnicheskikh nauk = Doctoral Dissertation in Engineering Sciences: 05.20.01. Voronezh; 2021. 350 p. (In Russ.).

5. Orobinskiy V.I., Baskakov I.V., Chernyshov A.V. Snizheniye travmirovaniya zerna pri uborke [Reduction of grain injury during harvesting]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2017. 161 p. (In Russ.).

6. Orobinsky V.I., Gulevsky V.I., Kornev A.S. et al. Puti snizheniya tsirkulyatsionnoy nagruzki v molotilke zernoubo-rochnogo kombayna [Ways to reduce the circulation load in the threshing machine of a combine harvester]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2021;14(3):26-31. DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2021\_3\_26. (In Russ.).

7. Ryadnov A.I., Tronev S.V., Stenkovoy A.P. Usovershenstvovannoye domolachivayushchee ustroystvo [Improved finish threshing device]. *Sel'skiy mekhanizator = Agricultural Engineer*. 2011;7:11. (In Russ.).

8. Truflyak E.V., Trubilin E.I. Sovremennyye zernoubo-rochnyye kombajny: uchebnoe posobie dlya studentov vysshikh uchebnykh zavedeniy, obuchayushchikhsya po napravleniyu "Agroinzheneriya" [Modern combine harvesters: a textbook for students of higher educational institutions studying in the direction of "Agroengineering"]. Krasnodar: Kuban State Agrarian University Press; 2013. 320 p. (In Russ.).

9. Ustroystvo domolota kolosovogo vorokha [The device of the grain heap threshing]: pat. na poleznuyu model' 157767, Ros. Federatsiya. № 2015100403/13; zayavleno 12.01.2015; opublikovano 10.12.2015. Byul. № 34 = Utility Model Patent 157767 Russian Federation. No. 2015100403/13; claimed 12.01.2015; published 10.12.2015, Bulletin 34. 12 p. (In Russ.).

10. Ovchinnikov A.S., Ryadnov A.I., Fedorova O.A., et al. Evaluation of reliability of sorghum harvester. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2017;12(7):2277-2284.

11. Riadnov A.I., Fedorenko V.F., Fedorova O.A., et al. Improvements in Broom Corn Harvesting Process. *Engineering Technologies and Systems*. 2019;29(4):635-651. DOI: 10.15507/2658-4123.029.201904.635-651.

#### Информация об авторах

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

А.М. Гиевский – доктор технических наук, профессор кафедры сельскохозяйственных машин тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», aleksej.gievskij@mail.ru.

В.А. Гулевский – доктор технических наук, профессор кафедры математики и физики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», main@agroeng.vsau.ru.

А.С. Корнев – кандидат технических наук, доцент кафедры технологического оборудования, процессов перерабатывающих производств, механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», kornev.andr@mail.ru.

Д.А. Подорванов – обучающийся агроинженерного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», smachin@agroeng.vsau.ru.

#### Information about the authors

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

A.M. Gievsky, Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, aleksej.gievskij@mail.ru.

V.A. Gulevsky, Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Mathematics and Physics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, main@agroeng.vsau.ru.

A.S. Kornev, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Technological Equipment, Processing Plants' Processes, Agricultural Engineering, Health and Safety, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, kornev.andr@mail.ru.

D.A. Podorvanov, Student, the Faculty of Rural Engineering, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, smachin@agroeng.vsau.ru.

Статья поступила в редакцию 20.04.2022; одобрена после рецензирования 09.06.2022; принята к публикации 26.06.2022.

The article was submitted 20.04.2022; approved after revision 09.06.2022; accepted for publication 26.06.2022.

© Оробинский В.И., Гиевский А.М., Гулевский В.А., Корнев А.С., Подорванов Д.А., 2022

## ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 621.899

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2022\_2\_18

### Проблемы защиты двигателей зерноуборочных комбайнов от износа и коррозии

Валерий Васильевич Остриков<sup>1✉</sup>, Владимир Константинович Нагдаев<sup>2</sup>,  
Михаил Владимирович Вигдорович<sup>3,4</sup>, Дмитрий Николаевич Афоничев<sup>5</sup>,  
Алла Владимировна Забродская<sup>6</sup>, Дмитрий Николаевич Жерновников<sup>7</sup>

<sup>1, 2, 3, 6, 7</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, Тамбов, Россия

<sup>4</sup>Angara GmbH, Дюссельдорф, Германия

<sup>5</sup>Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия

<sup>1</sup>viitinlab8@bk.ru✉

**Аннотация.** Более 10 месяцев в году, находясь в нерабочем состоянии, основные детали двигателей комбайнов подвергаются воздействию перепада температур, что вызывает разложение и коррозию материала и снижает срок службы. Одной из важных задач является защита двигателя внутреннего сгорания от коррозионного воздействия и износа. Предназначенные для использования в период хранения рабоче-консервационные и консервационные масла в сельскохозяйственных предприятиях практически не применяются. По факту после завершения уборочных работ комбайны устанавливаются на открытых площадках, при этом слив отработанного масла не проводится. Отсутствие мер по защите гильз цилиндров от коррозии и последующего износа снижает срок службы машин и увеличивает затраты на их эксплуатацию. В результате теоретической оценки динамики срабатывания присадок в двигателях внутреннего сгорания, в том числе и антикоррозионных, установлено, что таким образом определить остаточное содержание антикоррозионных присадок к моменту постановки комбайна на длительное хранение весьма проблематично. Получено уравнение срабатывания присадки с учетом угара масла и его долива, что позволяет интерпретировать уравнение, определяющее степень функциональности масла по противокоррозионной защите. В результате экспериментальных исследований и наблюдений получены данные фактического состояния моторного масла перед постановкой комбайна на хранение. Определено, что в процессе простоя комбайна интенсивно изменяется кислотное число масла. В результате лабораторных испытаний установлено, что на защитные антикоррозионные свойства могут значительно влиять вязкость масла и его загрязненность смолами. Сравнительный анализ свойств масел М-10ДМ и К-17 показал превосходство последнего по защитным свойствам от коррозии и износа. По результатам исследований сделан вывод о возможности создания ресурсосберегающего состава высококачественного рабоче-консервационного масла.

**Ключевые слова:** зерноуборочный комбайн, двигатель внутреннего сгорания, коррозия, износ, защита, рабоче-консервационное масло, свойства, технология

**Для цитирования:** Остриков В.В., Нагдаев В.К., Вигдорович М.В., Афоничев Д.Н., Забродская А.В., Жерновников Д.Н. Проблемы защиты двигателей зерноуборочных комбайнов от износа и коррозии // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 2(73). С. 18–27. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_2\\_18](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_18)–27.

## TECHNOLOGIES AND MEANS OF MAINTENANCE IN AGRICULTURE (ENGINEERING SCIENCES)

Original article

### Challenges encountered in relation to combine harvester engines protection against wear and corrosion

Valery V. Ostrikov<sup>1✉</sup>, Vladimir K. Nagdaev<sup>2</sup>, Mikhail V. Vigdorovich<sup>3,4</sup>, Dmitry N. Afonichev<sup>5</sup>,  
Alla V. Zabrodskaya<sup>6</sup>, Dmitry N. Zhernovnikov<sup>7</sup>

<sup>1, 2, 3, 6, 7</sup>All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, Russia

<sup>4</sup>Angara GmbH, Dusseldorf, Germany

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

<sup>1</sup>viitinlab8@bk.ru✉

**Abstract.** For more than 10 months a year, while in non-working condition, the main parts of combine harvesters engines are exposed to temperature differences, which causes decomposition and corrosion of the material and reduces the service life. One of the important tasks is to protect the internal combustion engine from corrosion

and wear. Intended for use during the storage period, working-preserving and preserving oils are practically not used in agricultural enterprises. In fact, after the completion of the harvesting work, the combines are installed on an open area, while the draining of the worked oils is not carried out. The lack of measures to protect cylinder liners from corrosion and subsequent wear reduces the service life of machines and increases the cost of their operation. As a result of a theoretical assessment of the dynamics of the activation of additives in internal combustion engines, including anticorrosive ones, it was found that theoretically it is very problematic to determine the residual content of anticorrosive additives by the time the combine is put into long-term storage. The equation of the additive actuation is obtained taking into account the oil burn and its topping, which allows interpreting the equation determining the degree of oil functionality for anticorrosive protection. As a result of experimental studies and observations, data on the actual condition of the engine oil before placing the combine for storage were obtained. It was determined that the acid number of the oil changes intensively during the idle time of the combine. It was found that the protective anticorrosive properties can be significantly affected by the viscosity of the oil and its contamination with resins. A comparative analysis of the properties of M-10DM and K-17 oils showed the superiority of the latter in terms of protective properties against corrosion and wear. According to the results of the research, a conclusion was made about the possibility of creating a resource-saving composition of high-quality working-preserving oil.

**Keywords:** combine harvester, internal combustion engine, corrosion, wear, protection, working and preserving oils, properties, technology

**For citation:** Ostrikov V.V., Nagdaev V.K., Vigdorovich M.V., Afonichev D.N., Zabrodskaia A.V., Zhernovnikov D.N. Challenges encountered in relation to combine harvester engines protection against wear and corrosion. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(2):18-27. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_2\\_18-27](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_18-27).

## **В** ведение

Сельскохозяйственное производство имеет ярко выраженный сезонный характер [2, 7]. Основная часть работ, связанных с эксплуатацией техники, приходится на весенне-осенний период. Тракторы и комбайны от двух до девяти месяцев выполняют различного рода операции, связанные с предпосевной обработкой почвы, уборкой культур и последующей послеуборочной обработкой. От двух до десяти месяцев различная сельскохозяйственная техника может находиться в нерабочем состоянии в местах хранения [2, 7]. И если наружные поверхности деталей сельскохозяйственных машин подвергаются защищающим от коррозии воздействиям, то двигатели внутреннего сгорания в реальных условиях эксплуатации остаются практически незащищенными, что приводит к образованию следов коррозии на деталях цилиндро-поршневой группы и топливной аппаратуры [1]. Одними из наиболее проблемных деталей в этом отношении являются гильзы цилиндров двигателей внутреннего сгорания зерноуборочных комбайнов. По заявлениям разработчиков, современные моторные масла обладают достаточно высокими антикоррозионными свойствами и способны защитить зеркало гильзы цилиндра от коррозионных процессов на весь период межсезонного хранения техники [9]. В реальных условиях эксплуатации, например при постановке на хранение зерноуборочных комбайнов, отработавшее уборочный период моторное масло чаще всего не сливают и не заменяют на свежее. Отработанное моторное масло имеет определенный запас эксплуатационных свойств, однако содержит значительное количество продуктов окисления и загрязнений [3]. Такое масло на момент постановки комбайна на хранение не способно обеспечить защитный антикоррозионный эффект на стенках гильз цилиндров, а присутствующие в масле продукты окисления могут спровоцировать образование очагов поражений на зеркале гильзы цилиндра [10, 12]. В конечном итоге это приводит к образованию раковин и к необходимости замены гильзы и деталей поршневой группы.

### **Теоретические аспекты оценки срабатывания присадок**

Проведем анализ остаточного содержания и эффективности работы присадок в масле, в том числе и антикоррозионных. В работе [3] была рассмотрена аппроксимация с использованием простой экспоненциальной функции

$$C = C_0 \exp(-kt), \quad (1)$$

где  $C$  – концентрация присадки в масле;

$C_0$  – концентрация присадки в свежем масле  $C(t=0) = C_0$ ;

$k$  – показатель срабатывания-распада (процессы, приводящие к деградации) присадки;

$t$  – время.

Зависимость (1) постулировалась исследователями и использовалась для интерполяции экспериментальных данных. Если она верна, то имеет место следующий дифференциальный закон срабатывания-распада присадки:

$$-\frac{dC}{dt} = kC. \quad (2)$$

Вместе с тем, деградация присадки может описываться и нелинейным законом  $f$ . Рассмотрим его в более общем виде:

$$-\frac{dC}{dt} = f(k, C). \quad (3)$$

С этой точки зрения уравнение (2) является отражением уравнения (3) лишь в том смысле, что представляет собой некоторый приближенный закон, мы можем разложить функцию  $f$  по формуле Маклорена вблизи  $C = 0$  ( $k$  и  $C$  присутствуют исключительно в виде их комбинации, представляющей собой произведение  $kC$ )

$$f(kC) \approx f(0) + kC \frac{df(kC)}{d(kC)} \Big|_{C=0} + 0,5(kC)^2 \frac{df^2(kC)}{d(kC)^2} \Big|_{C=0}. \quad (4)$$

Приблизительное равенство в уравнении (4) означает, что отбракованы члены разложения. Очевидно, что  $f(0) = 0$ , так как иначе срабатывание-распад присадки слабо зависели бы от ее концентрации. Таким образом, уравнение (4) будет иметь вид

$$f(kC) \approx kC \frac{df(kC)}{d(kC)} \Big|_{C=0} + 0,5(kC)^2 \frac{df^2(kC)}{d(kC)^2} \Big|_{C=0}. \quad (5)$$

Подставляя уравнение (5) в уравнение деградации присадки (3), получаем:

$$-\frac{dC}{dt} = kC \frac{df(kC)}{d(kC)} \Big|_{C=0} + 0,5(kC)^2 \frac{df^2(kC)}{d(kC)^2} \Big|_{C=0}. \quad (6)$$

Сопоставим уравнение (6) и уравнение (2), результат которого использовался независимо для экспоненциальной интерполяции экспериментальных данных в работе [3]. Авторы интерполяции предполагали, что учет лишь одного ненулевого члена разложения в уравнении (6) будет достаточен. Обсудим корректность такого подхода. В целом концентрация присадки в масле действительно невелика. Однако она значительно меняется в ходе эксплуатации в периодах между обслуживанием, и неучет второго слагаемого в уравнении (6) более обоснован при приближении к очередному обслуживанию, когда значительная часть присадки деградировала. Непосредственно после обслуживания, связанного с доливом масла, отклонение от уравнения (1) будет более существенным, так как концентрация присадки выше, и поэтому ее деградация будет происходить по более сложному закону, нежели по простому экспоненциальному.

В уравнении (6) переопределим коэффициент  $k$ , а также введем следующие обозначения:

$$k = k \frac{df(kC)}{d(kC)} \Big|_{C=0}; \quad \alpha = 0,5 \frac{df^2(kC)}{d(kC)^2} \Big|_{C=0}.$$

Проинтегрируем уравнение (6) и получим:

$$C = \frac{C_0 \exp(-kt)}{1 - \alpha k C_0 \exp(-kt)}. \quad (7)$$

Рассмотрим уравнение (7). При малых  $\alpha$  вычитаемым в знаменателе можно пренебречь, и оно переходит в уравнение (1). То, что  $\alpha$  мало и обеспечивает необходимую малость второго слагаемого перед первым в уравнениях (5) и (6), следует из самой сути разложения Маклорена, но при этом необходимо иметь в виду, что концентрация  $C$  не должна быть слишком большой, иначе она подавит малость параметра  $\alpha$ , и разложение утратит корректность.

После выполнения интерполяции по уравнению (7) и определения коэффициента  $\alpha$  сравним статистические коэффициенты детерминации  $R^2$  для такой интерполяции и интерполяции, выполненной в работе [3]. Анализ величины  $\alpha k C_0 \exp(-kt)$  по сравнению с уравнением (1) покажет существенность поправки, поскольку уравнение (7) можно представить в виде

$$C = C_0 \exp(-kt) [1 + \alpha k C_0 \exp(-kt)]. \quad (8)$$

К вопросу защиты от коррозии внутренних деталей двигателя (в частности поверхностей гильз цилиндров) это имеет следующее отношение: уравнения (7) и (8) позволяют с большей точностью оценивать деградацию присадки, а следовательно, защитную эффективность масляной пленки на поверхности деталей. Кроме того, в случае возможного долива масла в период эксплуатации концентрация присадки повышается.

Ранее в рамках более простой модели (1) мы решили задачу о срабатывании присадки в масле с угаром и доливом [11]. Ее результатами можно воспользоваться с учетом сказанного выше. При непрерывной деградации присадки, угаре масла и дискретном доливов масла концентрация присадки описывается уравнением

$$C(t) = C_0 \exp(-kt) \exp \left[ \int_0^t \frac{\sum_{m=1}^n V_m \delta(\xi - t_m) - v}{\sum_{m=1}^n V_m \theta(\xi - t_m) - v \xi + G_0} d\xi \right], \quad (9)$$

где  $V_m$  – объем долива масла с присадкой в моменты времени  $t_m$  ( $m = 1, 2, \dots, n$ );

$\delta(\xi - t_m)$  – дельта-функция;

$\xi$  – время в интервале от 0 до  $t$ ;

$v$  – скорость угара масла (уменьшение объема в единицу времени);

$\theta(\xi - t_m)$  – функция Хевисайда;

$G_0$  – объем масла в системе смазки двигателя, восстанавливаемый при каждом доливов или при полной замене масла.

Очевидно, долив масла не может происходить, если нет угара ( $v = 0$ ), так как превышение объема масла в системе смазки сверх предусмотренного руководством по эксплуатации, недопустимо. Однако с учетом фактического технического состояния парка сельскохозяйственной техники, а именно – его износа, качества используемых топлив и масел, режимов эксплуатации и нагрузок, всегда присутствует угар ( $v > 0$ ). Фактическая концентрация противокоррозионной присадки, рассчитанная по выражению (9), с учетом угара и произведенных доливов позволяет получить уравнение, определяющее степень функциональности  $F(t)$  масла в смысле противокоррозионной защиты в момент времени  $t$ :

$$F(t) = \frac{C_0 - C(t)}{C_0} = 1 - \exp(-kt) \exp \left[ \int_0^t \frac{\sum_{m=1}^n V_m \delta(\xi - t_m) - v}{\sum_{m=1}^n V_m \theta(\xi - t_m) - v\xi + G_0} d\xi \right]. \quad (10)$$

Для установления регламента долива масла при известной в отношении конкретных единиц используемой техники (комбайнов) величине угара  $v$  значения степени функциональности  $F(t)$  масла могут быть табулированы по выражению (10).

### Результаты и их обсуждение

В соответствии с имеющей место фактической проблемой поставлена задача повышения защитных свойств работавших в двигателе моторных масел и приведения их по составу и свойствам к рабоче-консервационным маслам с целью минимизации затрат на смазочные материалы и продления сроков службы машин до ремонта. Одним из важнейших факторов, влияющих на способность смазочного масла обеспечивать антикоррозионные свойства, как указано выше, является присутствие в масле присадок, способных создавать защитную пленку, удерживающуюся на поверхности гильзы цилиндра весь период межсезонного хранения [4, 8]. К важным характеристикам масла для обеспечения защитных свойств относятся кинематическая вязкость и кислотное число масла. На предварительном этапе исследований проводился анализ показателей качества моторного масла перед постановкой зерноуборочных комбайнов Дон-1500 и Полесье на межсезонное хранение. Срок службы комбайнов составлял от пяти до десяти лет. Эксплуатационные характеристики и техническое состояние двигателей не определялись.

В таблице 1 представлены результаты анализа моторного масла. Нарботка у комбайнов за сезон эксплуатации находилась в диапазоне 150...180 часов. Во всех комбайнах использовалось моторное масло М-10ДМ.

**Таблица 1. Результаты физико-химического анализа моторного масла из двигателей зерноуборочных комбайнов перед постановкой на хранение**

Характеристики моторного масла	Зерноуборочный комбайн				
	Дон-1500	Дон-1500	Дон-1500	Полесье	Полесье
Номер опыта	1	2	3	1	2
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм <sup>2</sup> /с	12,1	11,8	12,2	12,1	12,3
Щелочное число, мг КОН/г	3,8	3,6	3,3	4,0	4,6
Кислотное число, мг КОН/г	1,8	1,9	2,8	2,1	2,4
Температура вспышки, °С	210	200	205	208	212
Содержание нерастворимого осадка, %	0,85	0,91	0,90	0,55	0,61
Содержание воды, %	Нет	Следы	Нет	Нет	Нет

Анализируя данные таблицы 1, следует отметить, что отработавшее моторное масло сохранило к моменту постановки техники на хранение определенный запас эксплуатационных свойств. То есть масло относительно пригодно для дальнейшего использования с ограничениями по сроку службы до замены. Содержание нерастворимого осадка (смола, асфальтенов и др.) свидетельствует о достаточно высокой степени загрязненности масла, которая в некоторых случаях приближается к браковочным значениям. При постановке техники на хранение слив, замена моторного масла не проводились. Время хранения техники до подготовки комбайнов к уборочным работам составило от 280 до 300 дней. Характеристики масел после хранения на открытой площадке представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты физико-химического анализа моторного масла к окончанию периода хранения

Характеристики моторного масла	Зерноуборочный комбайн				
	Дон-1500	Дон-1500	Дон-1500	Полесье	Полесье
Номер опыта	1	2	3	1	2
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм <sup>2</sup> /с	12,0	11,6	12,1	12,0	12,2
Щелочное число, мг КОН/г	3,3	3,0	2,6	3,8	4,1
Кислотное число, мг КОН/г	2,1	2,3	3,0	2,4	2,7
Температуры вспышки, °С	210	200	205	207	211
Содержание нерастворимого осадка, %	0,80	0,85	0,88	0,53	0,59
Содержание воды, %	0,03	0,04	0,03	0,05	0,03

Установлено, что за период хранения наблюдается незначительный рост кислотного числа. Щелочное число снизилось за счет выпадения присадок вместе с загрязнениями в осадок. В масле в процессе хранения комбайнов образовались следы воды. Несмотря на относительно высокие эксплуатационные остаточные свойства масла проводилась его замена на свежее. Отработанное масло сливалось в общую емкость и использовалось на нужды хозяйства в качестве печного топлива и на долив в гидравлические системы тракторов.

С целью определения защитных, противоизносных свойств отработанного масла, слитого из картера двигателя комбайна после завершения периода межсезонного хранения, проводилась оценка толщины масляной пленки на стальной поверхности гравиметрическим методом. Исследования проводились в сравнительном режиме на товарном масле М-10ДМ и на масле, слитом из двигателя комбайна Дон-1500 № 3 (табл. 2). Оценку проводили в течение 72 часов с замером толщины масляной пленки через каждые 24 часа. Определено, что толщина масляной пленки после первых 24 часов на поверхности пластины, обработанной товарным маслом М-10ДМ, составляла 12 мкм, а на поверхности, обработанной отработанным маслом, – 16 мкм. После 48 часов выдерживания пластины в вертикальном положении, толщина масляной пленки составляла соответственно 9 и 10 мкм и по завершении испытаний через 72 часа толщина масляной пленки на пластинах составляла 8 и 7 мкм. Испытания проводились при температуре окружающей среды 20 °С.

Для определения толщины масляной пленки в зависимости от исходной вязкости проведены исследования на отработанном масле с вязкостью 8 мм<sup>2</sup>/с и на товарном масле М-10ДМ с вязкостью более 12 мм<sup>2</sup>/с. На рисунке 1 показана зависимость изменения толщины масляной пленки от времени выдержки пластины. Отработанное загрязненное моторное масло при вязкости 8 мм<sup>2</sup>/с дает меньшую толщину масляной пленки по сравнению с маслом М-10ДМ. При этом за счет присутствия в отработанном масле продуктов загрязнения (смола) за период 72 часа толщина масляной пленки снизилась с 8 мкм до 6,5 мкм, в то время как толщина пленки товарного масла – с 12 мкм до 9 мкм.

В условиях эксплуатации подготовку техники к хранению проводят в период с сентября по октябрь, когда температура окружающего воздуха находится в диапазоне от +5 до –5 °С. При этом, если мы рассматриваем защитные свойства масла, то следует учитывать температурные особенности: при нанесении масла на стенки гильз цилиндров температура масла может достигать +100 °С и более с последующим понижением до +5 °С и далее ниже до 0 °С.



На основании имеющихся предположений о влиянии температурного фактора на образование и сохранение защитной пленки на поверхности трения проведены исследования, заключающиеся в следующем. Товарное масло М-10ДМ и отработанное моторное масло наносили на поверхность металла при температуре +100 °С с последующим перемещением металлических пластин в среду с температурой окружающего воздуха 0...+5 °С. Время выдержки пластин составляло 24, 48 и 72 часа. В таблице 3 представлены результаты определения толщины масляной пленки исходя из заданных условий.

**Таблица 3. Результаты определения толщины масляной пленки исходя из условий нанесения при 100 °С и выдержки при 0 °С**

Показатель	Товарное масло М-10ДМ			Отработанное масло		
	Время выдержки, ч					
	24	48	72	24	48	72
Толщина масляной пленки, мкм	10	8	7	9	8	6

В соответствии с полученными данными следует вывод о том, что в период постановки комбайна на хранение исходное масло (прогретое) практически не влияет на толщину образования пленки на гильзе цилиндра [4, 5]. По мере охлаждения поверхности в течение 24 часов масло будет «задерживаться» с большей эффективностью, если его изначальная вязкость была выше. Проведенные пробные исследования на пластинках, нагретых до 100 °С, с нанесением на них масла (70–80 °С), и на пластинках при температуре 20 °С с нанесением на них масла (70–80 °С) показали различные результаты при их выдержке в течение 24 часов. На прогретой пластине толщина пленки составляла 8 мкм, на «холодной» – 12 мкм.

Также в ходе решения задач разработки состава и технологии ресурсосбережения при использовании масел в двигателях зерноуборочных комбайнов в период эксплуатации и простоя проведены предварительные исследования по оценке толщины масляной пленки моторного масла М-10ДМ и рабоче-консервационного масла К-17. В таблице 4 представлены некоторые физико-химические характеристики масел.

**Таблица 4. Некоторые физико-химические характеристики масел**

Показатели	Моторное масло М-10ДМ (товарное)	Рабоче-консервационное масло К-17 (товарное)
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм <sup>2</sup> /с	12	17
Щелочное число, мг КОН/г	1,4	0,2
Кислотное число, мг КОН/г	9,0	9,4

Предварительный анализ проводился путем нанесения масла на стальные пластинки (предварительно отполированные) при температуре масла 20 и 80 °С. Оценивалась толщина масляной пленки на пластинке после ее окунания в масло и выдержки в течение 24 часов при температуре окружающего воздуха около 20 °С. Установлено, что толщина масляной пленки составляла 12 мкм (масло М-10ДМ) и 15 мкм (масло К-17). Полученные значения не сильно разнятся, имеет место некоторое превосходство масла К-17.

Данные эксперименты и результаты в большой степени относятся к статике процессов, когда пленка (масло) наносится на пластину. В двигателе внутреннего сгорания попадающее на стенки гильз цилиндров масло «сдвигается» маслоъемными кольцами.

В.Д. Прохоренков и А.Э. Северный приводят данные собственных исследований, в соответствии с которыми образующаяся на стенках гильз цилиндров масляная пленка (М-10Г<sub>2</sub>) имеет толщину 2–3 мкм и способна защитить в течение всего межсезонного периода хранения от коррозии без применения специальных масел с учетом полной герметизации двигателя от проникновения влаги (пути ее попадания вместе с атмосферным кислородом через выхлопную трубу, щуп и т.д.) [5, 6]. Данный факт в какой-то степени является определяющим при отказе от использования консервационных масел специального назначения. Также разработчики современных моторных масел утверждают, что товарные моторные масла М-10Г<sub>2</sub>, М-10ДМ способны обеспечить защиту деталей двигателей от коррозии на протяжении шести месяцев и более [8, 9].

Не подвергая сомнению результаты исследований ученых и разработчиков составов моторных масел необходимо отметить некоторые моменты:

- большинство деталей цилиндро-поршневой группы двигателей комбайнов за предельного срока эксплуатации (более 50%) находятся в изношенном состоянии, и исключить проникновение воздуха, а соответственно, образование конденсата и возникновение очагов коррозионного поражения на зеркале гильзы цилиндра практически невозможно;

- по мере работы двигателя антикоррозионные присадки выгорают, и к моменту постановки техники на хранение их количество уменьшается на 50–60% и более;

- в сельскохозяйственных предприятиях отсутствуют элементарные методы и средства оперативного контроля качества работающих моторных масел;

- в 90% случаев зерноуборочные комбайны хранятся на открытых площадках и подвержены существенным перепадам температуры, что не исключает образования микрокапель воды, способных вызывать коррозию и когезию на гильзах цилиндров;

- отказ от слива масла (замены) на основании предположений о его высоких эксплуатационных свойствах при использовании его в последующем сезоне увеличивает износ деталей цилиндро-поршневой группы, в том числе и гильз цилиндров;

- действия, направленные на снижение затрат при постановке техники на хранение, и ее последующая эксплуатация на отработавшем более 100 часов масле увеличивают износ деталей двигателей комбайнов и снижают срок службы техники;

- в период вынужденного простоя двигателя моторное масло окисляется, и даже кратковременный запуск увеличивает износ основных деталей цилиндро-поршневой группы;

- в период вынужденного простоя происходит осаждение загрязнений (при отказе от слива и замены работавшего масла) на дне картера и в масляных каналах.

### **Выводы**

В период постановки комбайна на хранение исходное масло (прогретое) практически не влияет на толщину образования пленки на гильзе цилиндра двигателя. По мере охлаждения поверхности в течение 24 часов масло будет «задерживаться» с большей эффективностью, если его изначальная вязкость была выше.

Требуется новый научно обоснованный подход к использованию масла в двигателях зерноуборочных комбайнов в период их эксплуатации, перед постановкой на хранение и в период хранения, что позволит снизить износ основных деталей двигателя, продлить срок службы дорогостоящей техники, решить вопрос снижения затрат на ее эксплуатацию, обеспечить решение задач ресурсосбережения при обслуживании машин.

В основу указанного подхода должны быть положены исследования по следующим аспектам проблемы:

- удаление из моторных масел продуктов окисления в процессе эксплуатации комбайна (без слива масла);
- проведение мероприятий по глубокой очистке отработанного масла, подготовке на его основе состава рабоче-консервационного масла (без слива его из картера двигателя);
- разработка технологических процессов консервации и расконсервации двигателей зерноуборочных комбайнов.

#### Список источников

1. Гайдар С.М. Защита сельскохозяйственной техники от коррозии и износа с применением нанотехнологий: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.03. Москва, 2011. 433 с.
2. Завражнов А.И., Бобрович Л.В., Ведищев С.М. Тенденции развития инженерного обеспечения в сельском хозяйстве: учебник для вузов. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 688 с.
3. Остриков В.В., Жерновников Д.Н., Петрашев А.И., Ерохин Г.Н., Нагдаев В.К. Проблемы и задачи снижения износа и коррозии деталей двигателей зерноуборочного комбайна в период длительного простоя // Наука в Центральной России. 2021. № 6 (54). С. 100–105.
4. Остриков В.В., Прохоренков В.Д., Петрашев А.И. Топливо, смазочные и консервационные материалы. Белгород: Белгородская ГСХА, 2008. 263 с.
5. Прохоренков В.Д. Разработка методов противокоррозионной защиты и технологических процессов хранения сельскохозяйственной техники: дис. д-ра техн. наук: 05.17.03. Тамбов, 2002. 399 с.
6. Северный А.Э. Сохраняемость и защита от коррозии сельскохозяйственной техники. Москва: ГОСНИТИ, 1993. 233 с.
7. Тарасенко А.П. Роторные зерноуборочные комбайны : учебное пособие для студентов вузов. Санкт-Петербург: Лань, 2013. 188 с.
8. Черноиванов В.И., Лялякин В.П., Голубев И.Г. Инновационные проекты и разработки в области технического сервиса. Москва: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. 96 с.
9. Школьников В.М. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: справочник. Москва: Техинформ, 1999. 596 с.
10. Kaesche H. Corrosion of metals: physicochemical principles and current problems. New York: Springer, 2003. 594 p.
11. Macián B., Tormos P., Olmeda Y.A. Findings from a fleet test on the performance of two engine oil formulations in automotive CNG engines // Lubrication Science. 2015. Vol. 27(1). Pp. 15–28.
12. Perez N. Electrochemistry and corrosion science. New York: Springer, 2004. 362 p.

#### References

1. Gaydar S.M. Zashchita sel'skokhozyajstvennoj tekhniki ot korrozii i iznosa s primeneniem nanotekhnologij [Protection of agricultural machinery from corrosion and wear using nanotechnologies]: dissertatsiya ... doctora tekhnicheskikh nauk = Doctoral Dissertation in Engineering Sciences: 05.20.03. Moscow; 2011. 433 p. (In Russ.).
2. Zavrazhnov A.I., Bobrovich L.V., Vedishchev S.M. Tendentsii razvitiya inzhenerenogo obespecheniya v sel'skom khozyajstve [Trends in the development of engineering support in agriculture]. Saint Petersburg: Lan'; 2022. 688 p. (In Russ.).
3. Ostrikov V.V., Zhernovnikov D.N., Petrashev A.I., Erohin G.N., Nagdaev V.K. Problemy i zadachi snizheniya iznosa i korrozii detalej dvigatelej zernouborochnogo kombajna v period dlitel'nogo prostoya [Problems and tasks of reducing wear and corrosion of engine parts of a combine harvester during a long period of downtime]. *Nauka v Central'noj Rossii = Science in Central Russia*. 2021;(6):100-105. (In Russ.).
4. Ostrikov V.V., Prohorenkov V.D., Petrashev A.I. Toplivo, smazochnye i konservatsionnye materialy [Fuel, lubricants and preservation materials]. Belgorod: Belgorod State Agricultural Academy Press; 2008. 263 p. (In Russ.).

5. Prokhorenkov V.D. Razrabotka metodov protivokorroziionnoj zashchity i tekhnologicheskikh protsessov khraneniya sel'skokhozyajstvennoj tekhniki [Development of methods of anticorrosive protection and technological processes of storage of agricultural machinery]: dissertatsiya ... doctora tekhnicheskikh nauk = Doctoral Dissertation in Engineering Sciences: 05.17.03. Tambov; 2002. 399 p. (In Russ.).
6. Severny A.E. Sokhranyaemost' i zashchita ot korrozii sel'skokhozyajstvennoj tekhniki [Preservation and corrosion protection of agricultural machinery]. Moscow: GOSNITI Press; 1993. 233 p. (In Russ.).
7. Tarasenko A.P. Rotornye zernoborochnye kombajny [Rotary combine harvesters]. Saint Petersburg: Lan'; 2021. 192 p. (In Russ.).
8. Chernoiyanov V.I., Lyalyakin V.P., Golubev I.G. Innovatsionnye proekty i razrabotki v oblasti tekhnicheskogo servisa [Innovative projects and developments in the field of technical service]. Moscow: Rosinforma-grotekh; 2010. 96 p. (In Russ.).
9. Shkol'nikov V.M. Topliva, smazochnye materialy, tekhnicheskie zhidkosti. Assortiment i primenenie [Fuels, lubricants, technical fluids. Assortment and application]: Handbook. Moscow: Tekhinform Press; 1999. 596 p. (In Russ.).
10. Kaesche H. Corrosion of metals: physicochemical principles and current problems. New York: Springer; 2003. 594 p.
11. Macián B., Tormos P., Olmeda Y.A. Findings from a fleet test on the performance of two engine oil formulations in automotive CNG engines. *Lubrication Science*. 2015;27(1):15-28.
12. Perez N. Electrochemistry and corrosion science. New York: Springer; 2004. 362 p.

### Информация об авторах

В.В. Остриков – доктор технических наук, старший научный сотрудник, зав. лабораторией использования смазочных материалов и отработанных нефтепродуктов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», viitinlab8@bk.ru.

В.К. Нагдаев – кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», viitinlab8@bk.ru.

М.В. Вигдорович – доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», директор Angara GmbH, mv016@yahoo.com.

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

А.В. Забродская – научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», viitinlab8@bk.ru.

Д.Н. Жерновников – младший научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», viitinlab8@bk.ru.

### Information about the authors

V.V. Ostrikov, Doctor of Engineering Sciences, Senior Researcher, Head of the Laboratory for the Use of Lubricants and Spent Petroleum Products, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, viitinlab8@bk.ru.

V.K. Nagdaev, Candidate of Chemical Sciences, Leading Researcher, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, viitinlab8@bk.ru.

M.V. Vigdorovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Chief Researcher, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Director of Angara GmbH, mv016@yahoo.com.

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

A.V. Zabrodskaya, Researcher, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, viitinlab8@bk.ru.

D.N. Zhernovnikov, Junior Researcher, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, viitinlab8@bk.ru.

**Статья поступила в редакцию 20.04.2022; одобрена после рецензирования 29.05.2022; принята к публикации 16.06.2022.**

**The article was submitted 20.04.2022; approved after revision 29.05.2022; accepted for publication 16.06.2022.**

© Остриков В.В., Нагдаев В.К., Вигдорович М.В., Афоничев Д.Н., Забродская А.В., Жерновников Д.Н., 2022

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ  
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 664.002.5

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2022\_2\_28

**Исследование процесса активного вентилирования  
зерна в послеуборочный период**

**Александр Николаевич Остриков<sup>1✉</sup>, Максим Васильевич Копылов<sup>2</sup>,  
Евгений Борисович Медведков<sup>3</sup>, Ардак Дахарбекович Аскарров<sup>4</sup>,  
Бауржан Кумаргалиевич Нурахметов<sup>5</sup>**

<sup>1, 2</sup>Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия

<sup>3, 4, 5</sup>Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан

<sup>1</sup>ostrikov27@yandex.ru✉

**Аннотация.** Представлены результаты исследований процесса активного вентилирования зерна пшеницы при переменном теплоподводе, проведенных с целью выявления основных кинетических зависимостей процесса активного вентилирования на экспериментальной сушилке с оригинальными узлами ввода, распределения и отвода теплоносителя. Наличие оригинальной конструкции узла отвода отработанного теплоносителя, выполненного в виде сетчатой спиралевидной трубы, позволило добиться оптимизации гидродинамических условий в слое высушиваемого зерна. Кинетика сушки зерновых продуктов исследовалась как при постоянных параметрах процесса, так и в переменном режиме: линейная скорость теплоносителя составляла 0,6 м/с, 1,0 и 1,4 м/с, температура – 65 °С, 75 и 85 °С, влагосодержание теплоносителя в каждом опыте поддерживалось постоянным в интервале значений от 0,001 до 0,025 кг/кг. Для проведения исследований использовался экспериментальный метод сушки зерна, обработку экспериментальных данных проводили с помощью программного комплекса STATISTICA 10. Полученные регрессионные уравнения позволили оценить величину энергозатрат и конечной влажности зерна в зависимости от таких технологических параметров процесса сушки, как высота продуваемого слоя зерна, температура и скорость воздуха. В связи с тем, что исследуемые факторы неоднозначно влияют на удельные энергозатраты, был проведен выбор рациональных условий процесса. В результате оптимизации процесса активного вентилирования зерна были определены рациональные значения высоты продуваемого слоя зерна, скорости и температуры воздуха, обеспечивающие минимальные удельные энергозатраты. Высокие значения коэффициентов достоверности регрессионных уравнений для расчета удельных энергозатрат (92,53%) и конечной влажности  $W_k$  (71,75%) свидетельствуют об адекватности полученных уравнений.

**Ключевые слова:** зерно, активное вентилирование, кинетика, энергозатраты, переменный теплоподвод

**Для цитирования:** Остриков А.Н., Копылов М.В., Медведков Е.Б., Аскарров А.Д., Нурахметов Б.К. Исследование процесса активного вентилирования зерна в послеуборочный период // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 2(73). С. 28–38. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_2\\_28-38](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_28-38).

TECHNOLOGIES AND MEANS OF MECHANIZATION  
OF AGRICULTURE (TECHNICAL SCIENCES)

Original article

**Investigation of postharvest grain aeration process**

**Alexander N. Ostrikov<sup>1✉</sup>, Maxim V. Kopylov<sup>2</sup>, Evgeniy B. Medvedkov<sup>3</sup>, Ardak D. Askarov<sup>4</sup>,  
Baurzhan K. Nurakhmetov<sup>5</sup>**

<sup>1, 2</sup>Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russia

<sup>3, 4, 5</sup>Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

<sup>1</sup>ostrikov27@yandex.ru✉

**Abstract.** The results of studies of the process of wheat grain aeration with variable heat supply, conducted in order to identify the main kinetic dependencies of the process of aeration on an experimental dryer with original input units, distribution and removal of coolant, are presented. Due to original design of the exhaust coolant outlet unit, made in the form of perforated spiral tube, made it possible to optimize the hydrodynamic conditions in the layer of drible material. The kinetics of drible grain products was studied both with constant process parameters and in variable mode: the linear velocity of the coolant was 0.6 m/s, 1.0 and 1.4 m/s, the temperature was 65 °С, 75 and 85 °С, the moisture content of the coolant in each experiment was kept constant in the range of values

from 0.001 to 0.025 kg/kg. An experimental method of grain drying was used for the research, experimental data processing was carried out using the STATISTICA 10 software package. The obtained regression equations allowed estimating the amount of energy consumption and the final moisture content of grain depending on such technological parameters of the drying process as the height of grain layer, temperature and air velocity. Due to the fact that the studied factors have an ambiguous effect on specific energy consumption, a choice of rational process conditions was made. As a result of optimizing the process of grain aeration, rational values of the height of grain layer, air velocity and temperature were determined, ensuring minimum specific energy consumption. The high values of the reliability coefficients of the regression equations for calculating specific energy consumption (92.53%) and the final humidity  $W_k$  (71.75%) indicate the adequacy of the equations obtained.

**Keywords:** grain, aeration, kinetics, energy consumption, variable heat supply

**For citation:** Ostrikov A.N., Kopylov M.V., Medvedkov E.B., Askarov A.D., Nurakhmetov B.K. Investigation of postharvest grain aeration process. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(2):28-38. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_2\\_28-38](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_28-38).

**В** современных геополитических условиях первостепенной задачей российских сельхозпроизводителей становится увеличение производства зерна и повышение его качества. Особая роль отводится зерновым и зернобобовым как высокопродуктивным и ценным продовольственным культурам, которые выращиваются на площади около 3 млн гектаров. По данным Росстата, в 2020 г. было собрано 133,5 млн тонн зерна, в том числе 85,9 млн тонн пшеницы (озимой – 63,23 млн т, яровой – 22,67 млн т), а в 2021 г. – 120,7 млн тонн, в том числе 75,9 млн тонн пшеницы. Этот результат стал третьим в истории, вот почему в настоящее время особую значимость приобретают вопросы сохранения собранного урожая.

Сушка зерна является наиболее энергоемким процессом при послеуборочной обработке, при реализации которого затрачиваются значительные количества топлива и электроэнергии, необходимые для работы сушилок [1]. Использование процесса активного вентилирования в послеуборочный период является перспективным методом не только снижения влажности зерна, но и повышения его качества, что наряду с очисткой является важным подготовительным этапом для его продолжительного хранения [2]. Однако высокая начальная влажность свежесобранного зерна, его загрязненность патогенной микрофлорой, вредителями и различными примесями ухудшают его качество при дальнейшем хранении [3]. Применение активного вентилирования позволяет во многом снизить эти негативные эффекты. Однако процессы сушки на токах и элеваторах характеризуются значительными энергозатратами, поэтому используемые технологии сушки зерна в послеуборочный период нельзя признать научно обоснованными и соответствующими кинетическим закономерностям процесса [3].

В промышленности используются четыре основных способа конвективной сушки зерна [1, 3]:

- высокотемпературная сушка;
- высокотемпературная сушка с применением активного вентилирования (двухстадийная сушка);
- сочетание высокотемпературной и низкотемпературной сушки;
- низкотемпературная сушка активным вентилированием.

В работе [1] приведены результаты разработки установки активного вентилирования и классификация типов и бункеров активного вентилирования. Показано, что подбор высоты вентилируемой зоны оказывает влияние на эффективность сушки и очистки от пыли зерновых масс. Но остались нерешенными вопросы, связанные со снижением удельных затрат при активном вентилировании.

Обоснованием выбора рационального способа сушки занимались многие ученые. В частности, в работе [5] приведены результаты комбинированной конвективно-диэлектрической сушки семян канолы, кукурузы, риса-сырца, сои и пшеницы при температуре воздуха 65 °С, удельной мощности 0,3 Вт/г в течение 30 мин. Были изучены

диэлектрические свойства семян канолы, кукурузы, сои, пшеницы и риса. Экспериментальные данные использовались для параметризации стандартных линейных моделей для прогнозирования диэлектрической проницаемости и коэффициента потерь. Установлена зависимость между диэлектрическими свойствами семян на разных частотах (0,6–3 ГГц) и при разной влажности семян. Результаты показали, что скорость всхожести снизилась для сои, но не для кукурузы. Это может быть связано с твердостью семян кукурузы по сравнению с семенами сои, а также с плотностью зерна, которая у кукурузы выше, чем у сои. Получены две модели: единая модель для прогнозирования диэлектрической проницаемости и модель для прогнозирования коэффициента потерь для пяти типов изученных семян.

F. Rodriguez-Ramos и др. [9] изучали конвективную сушку *Salicornia fruticosa* (род растений семейства амарантовых) при 50 °С, 60 и 70 °С. Для оценки равновесного содержания влаги была проведена изотерма десорбции с использованием пяти эмпирических моделей: Хэлси, Коури, Хендерсона, Смита и Освина. Экспериментальные данные также были сопоставлены с различными кинетическими моделями сушки: логарифмической, двухчленной, Мидилли-Кучука, экспоненциальной двухчленной. Установлено, что модель Мидилли-Кучука наиболее адекватно описывает кривые сушки *S. fruticosa*. Численное моделирование с использованием метода конечных объемов позволило описать изменение температуры и влажности при сушке. Модель Хендерсона оказалась наиболее подходящей для прогнозирования равновесной влажности *S. fruticosa*.

R.E. Lima и др. [10] исследовали сушку сои с начальной влажностью 18 и 23% при трех температурных режимах – 80 °С, 100 и 120 °С с последующей обработкой полученных данных с помощью иерархического метода Уорда. Ими был получен эффективный коэффициент диффузии  $4,9 \times 10^{-10}$  м<sup>2</sup>/с. Было установлено, что сушка сои с начальной влажностью 23% горячим воздухом при температуре 80 °С и последующее хранение при температуре менее 23 °С способствовали хорошей сохранности физико-химических свойств сои: она сохраняла высокое содержание масла – 25,89%, сырого протеина – 35,69% и липидов (кислотность – 5,54 мл).

G. Alginì и др. [4] опубликовали результаты исследования процесса сушки ячменя в сушилке с неподвижным слоем при двух температурных режимах – 40 и 50 °С, скорости воздуха 4,0 м/с и трех начальных значениях влажности – 25, 20 и 13,5%. При этом применялись два способа подвода теплоносителя: обычное прямоточное движение воздуха и комбинированное (сочетание прямоточного и противоточного движения), т. е. направление потока воздуха меняли каждые 10 минут. Было исследовано распределение влаги вдоль неподвижного слоя и влияние температуры и начальной влажности на скорость сушки. При высокой начальной влажности зерна неоднородность процесса была выше, чем при низкой исходной влажности. Сушка комбинированным воздушным потоком при 50 °С повышала однородность процесса, а прямоточная сушка приводила к улучшению энергетических показателей, что объясняется меньшей продолжительностью сушки до достижения конечной влажности 12% при 50 °С. Результаты экспериментальных исследований показали, что сушка комбинированным воздушным потоком обеспечивает более равномерное распределение влажности по высоте слоя зерна и снижение удельных энергозатрат по сравнению с прямоточной сушкой.

М. Волхонов с соавт. [11] отмечают, что пересушивание зерна приводит к большому перерасходу тепловой энергии – примерно около 58,3 МДж на 1% чрезмерно испарившейся влаги из 1 т высушенного зерна. Исследования показали, что интенсивное увеличение температуры зерна возникает при достижении относительной влажности 15–16%. Поэтому целесообразно зерно с повышенной температурой выгрузить из сушилки и довести до конечной заданной влажности путем охлаждения. При этом качество

зерна сохраняется и исключается возможность перерасхода энергии в результате пересушивания зерна. Для определения продолжительности сушки до достижения стандартной влажности были получены аналитические выражения, использование которых позволяет осуществлять микроконтроллерное программирование и автоматическое управление выдержкой сушки зерна и, как следствие, повысить эффективность процесса сушки в целом.

М. Nemis et al. [6] разработали математический комплекс тепломассопереноса при сушке зерна пшеницы, объединяющей внутридиффузионную и внешнедиффузионную стадии движения влаги, состоящий из модели с распределенными параметрами (модель DPM или Luikov) и конвективной модели. Модель DPM позволила определить количество воды, испаряемой из зерна. Результаты показали, что скорость сушки пшеницы достигает  $2,6 \cdot 10^{-5}$  кг/(кг·с) и  $1,7 \cdot 10^{-5}$  кг/(кг·с) при температурах воздуха 66,7 и 58,6 °С. Сравнение экспериментальных и предсказанных результатов дало хорошее совпадение.

Опубликованы результаты исследований, выполненных с целью определения влияния температуры воздуха и начальной влажности на объемную усадку, физические качества и выход масла из сои [8]. Для исследования процесса конвективной сушки были выбраны бобы сои с начальной влажностью 19 и 25%, которые высушивались при трех температурных режимах – 75 °С, 90 и 105 °С. Результаты показали сокращение времени сушки при увеличении расхода воздуха и повышении его температуры. Кроме того, показано, что чем выше была температура воздуха, тем больше была усадка слоя сои. Сушка сои с начальной влажностью 25% при температуре воздуха 105 °С не влияла на выход масла при последующем прессовании.

В работе [7] предложен эмпирико-математический подход к моделированию кинетики процесса сушки зерновых культур при переменном теплоподводе с использованием метода сшивания решений, который позволил определить распределение температурных полей в слое зерна и обосновать допустимую область термовлажностных условий при сушке зерновых культур с регулируемой величиной удельной нагрузки продукта на газораспределительную решетку. Разработан рациональный подход к проектированию зерносушилок с регулируемой величиной удельной нагрузки продукта на газораспределительную решетку.

Эксплуатируемые в настоящее время установки для активного вентилирования зерна не учитывают все сложности процесса и не позволяют соблюдать рациональные режимы сушки, что отражается на качестве зерна, поэтому особое внимание уделяется разработке научно обоснованных режимов процесса активного вентилирования зерна и его аппаратурному оформлению.

#### **Материалы и методы**

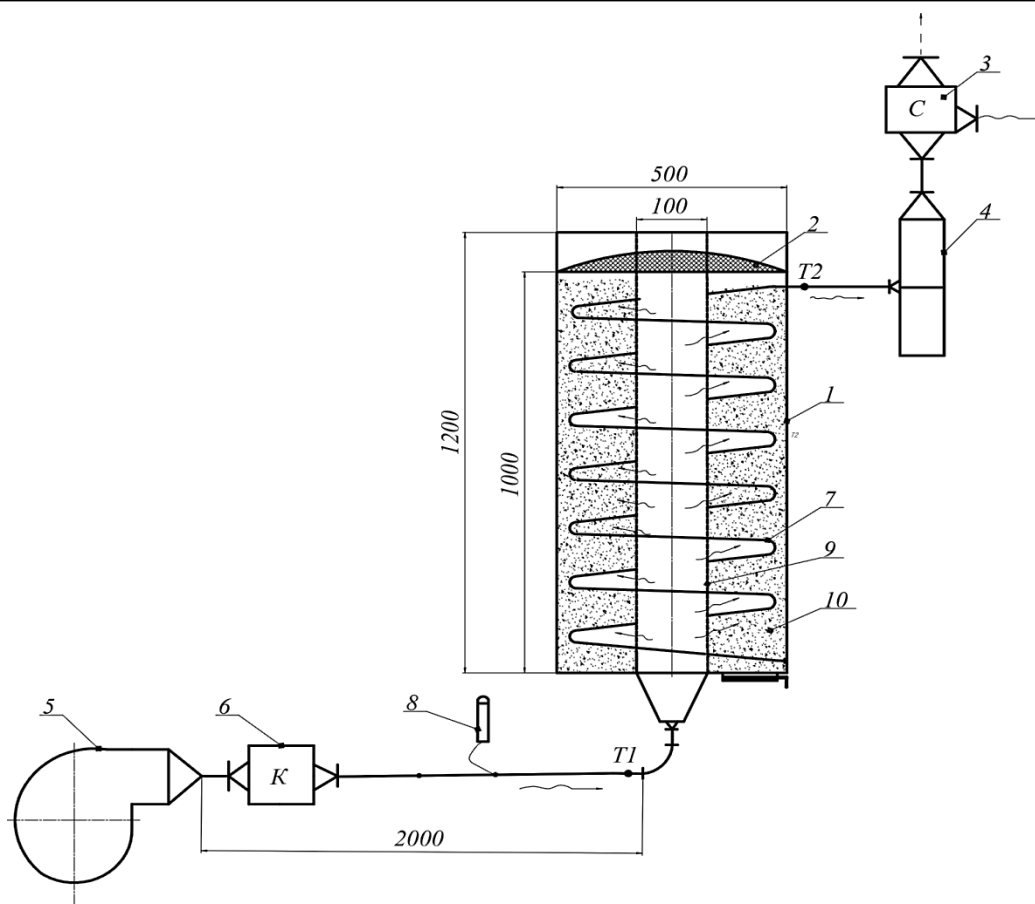
Целью проведенного исследования являлся поиск рациональных режимов процесса сушки зерна в послеуборочный период, а также разработка статистической модели активного вентилирования с подбором оптимального соотношения высоты продуваемой зоны.

Для достижения заявленной цели были поставлены и решены следующие задачи:

- обосновать и выбрать рациональные режимы процесса активного вентилирования для реализации в предлагаемой конструкции установки для активного вентилирования зерна;
- рассчитать высоту слоя зерна в сушильной камере.

Исследование процесса активного вентилирования зерна зернобобовых культур при переменном теплоподводе проводили на экспериментальной установке, схема которой представлена на рисунке 1.





**Рис. 1.** Экспериментальная установка для активного вентилирования зерна при переменном теплоподводе: 1 – сушильная камера; 2 – крышка; 3 – конденсатор; 4 – всасывающий вентилятор; 5 – нагнетающий вентилятор; 6 – электрокалорифер; 7 – спиралевидная сетчатая трубка; 8 – портативный анемометр; 9 – перфорированная газораспределительная труба; 10 – зерновая масса

Экспериментальная установка состоит из вертикальной цилиндрической сушильной камеры 1, крышки 2, циклон-очистителя 3, всасывающего 4 и нагнетающего 5 вентиляторов.

Сушильная камера 1 представляет собой цилиндр диаметром 500 мм и высотой 1200 мм. Начальная высота слоя зерна составляла 1000 мм. Это дает возможность практически устранить пристеночный эффект, так как соотношение диаметров камеры и зерен превышало критическое, равное 16 : 20.

Нагнетающий вентилятор 5 подает воздух, предварительно нагретый в электрокалорифере 6, через воздухопровод в перфорированную газораспределительную трубу 9 диаметром 100 мм (диаметр отверстий составляет 2 мм). Установленные в электрокалорифере 6 трубчатые электронагреватели (ТЭНы) типа «С» обеспечивают равномерный нагрев теплоносителя (воздуха) до заданной температуры.

Горячий теплоноситель (воздух), проходя через отверстия в перфорированной газораспределительной трубе 9, поступает в сушильную камеру 1, в которой равномерно распределяется в межзерновом пространстве.

Внутри сушильной камеры 1 по всей ее высоте установлена по винтовой линии всасывающая полая сетчатая труба 7, выполненная из металлопластика (длина спиральной трубы 7 составляет 6 м, внутренний диаметр 25 мм и наружный диаметр 32 мм). Внутри этой сетчатой трубы 7 поступает отработанный теплоноситель. Шаг спирали трубы 7 был выбран в четыре раза меньше высоты продуваемой зоны с целью равномер-

ного удаления отработанного теплоносителя из слоя зерна. Для предотвращения попадания зерен в спиралевидную трубку 7, отверстия были выполнены сбоку со стороны газораспределительной трубы через каждые 5 см размером 2×15 мм.

Температура воздушного потока измеряется после калорифера 6 в точке Т1 и во всасывающем воздуховоде в точке Т2. Температура воздуха регулируется с помощью терморегулятора, который установлен после калорифера в воздуховоде. Скорость воздушного потока для каждого опыта замеряли с помощью анемометра 8 (в экспериментах был использован анемометр Testo 416, производитель – фирма Testo AG, Германия, диапазон измерения – 0,6–40,0 м/с, серийный номер 03621531).

Для установления и регулирования заданного значения температуры теплоносителя использовались: программно-аппаратный модуль (измеритель) с программой регистрации значений температуры; хромель-копелевые термопары (диаметр электродов 0,1 мм) и система световой индикации работы ТЭНов. Требуемая температура теплоносителя на входе в рабочую камеру поддерживалась работой ТЭНов с помощью системы автоматического регулирования температуры.

Посредством термопары ТХК снимался электрический сигнал, пропорциональный температуре теплоносителя на входе в слой зерна. Сигнал поступал в программно-аппаратный модуль (измеритель) с регулирующим блоком, где сравнивался с заданным значением температуры. В случае разбаланса регулятор подавал сигнал на исполнительный механизм, который включает или выключает электрокалорифер 6. За температуру зерна принималась температура, измеренная с помощью термопары, введенной в единичное зерно и расположенное в середине зернового слоя. Отклонение температуры от заданной не превышало  $\pm 1$  К.

Контроль относительной влажности теплоносителя на входе и выходе из слоя зерна осуществлялся гигрометром «Волна-1М», датчики которого устанавливались в подводящем воздуховоде 8 и линии отвода отработанного теплоносителя. Гигрометр «Волна-1М» представляет собой сорбционно-частотный одноканальный однофункциональный цифровой переносной прибор с диапазоном измерения от 0 до 99,9% при температуре от 0 до 358 К, скорости потока анализируемой среды от 0 до 15 м/с и абсолютной погрешности 1,5%.

Опыты проводились с зерном озимой пшеницы сорта Мироновская урожая 2020–2021 сельскохозяйственного года. Влажность зерна, поступающего с полей на хранение в элеваторы, как правило, изменяется от 13–14% до 17–18%, поэтому в экспериментах использовали зерно с этим диапазоном изменения влажности.

Влажность высушенного зерна определялась методом высушивания проб в сушильном шкафу до постоянной массы при температуре 403 К в течение 40 минут.

Кинетика сушки зерновых продуктов исследовалась как при постоянных параметрах процесса, так и в переменном режиме:

- линейная скорость теплоносителя – 0,6 м/с, 1,0 и 1,4 м/с;
- температура воздуха – 65 °С, 75 и 85 °С.

Влагосодержание теплоносителя в каждом опыте поддерживалось постоянным в интервале значений от 0,001 до 0,025 кг/кг.

Переменные режимы теплоподвода обеспечивались регулированием температуры теплоносителя в электрокалорифере 6 согласно программе, заложенной в систему автоматического программного управления температурой. Загрузка зерна в сушильную камеру 1 осуществлялась через загрузочное устройство до величины удельной нагрузки 1800 Н/м<sup>2</sup>. Продолжительность сушки до достижения конечной влажности 12% составляла 40–45 мин. В экспериментах использовали зерно с начальной влажностью 17–18%.

### Результаты и их обсуждение

Результаты экспериментальных исследований по активному вентилированию зерна приведены в таблице. Для обработки экспериментальных данных использовали программный комплекс STATISTICA 10.

#### Результаты экспериментальных исследований по активному вентилированию зерна

$v_{в}, \text{ м/с}$	$T, \text{ }^\circ\text{C}$	$H_{\text{слоя}}, \text{ м}$	$E, \text{ кДж/кг}$	$W_{н}, \%$	$W_{к}, \%$
0,762	69,055	0,721	199,4	18	11
0,762	69,055	1,078	213,2	18	12
0,762	80,945	0,721	204,3	18	11
0,762	80,945	1,078	192,3	18	11
1,238	69,055	0,721	233,5	18	12,5
1,238	69,055	1,078	164,2	18	12
1,238	80,945	0,721	162,3	18	11
1,238	80,945	1,078	142,4	18	11,5
0,6	75	0,9	205,6	18	11
1,4	75	0,9	172,6	18	11
1	65	0,9	211,2	18	11,5
1	85	0,9	176,2	18	11
1	75	0,6	186,2	18	11
1	75	1,2	170,2	18	12
1	75	0,9	151,5	18	11
1	75	0,9	151,5	18	11
1	75	0,9	151,5	18	11
1	75	0,9	151,5	18	11
1	75	0,9	151,5	18	11

В качестве основных параметров были выбраны:

- скорость воздуха при входе в слой продуваемого зерна  $v_{в}, \text{ м/с}$ ;
- температура воздуха,  $^\circ\text{C}$ ;
- высота продуваемого слоя зерна в сушильной камере, м.

Выбранные факторы совместимы и некоррелируемы между собой.

Анализ данных, приведенных на рисунках 2-4, показывает, что минимальные энергозатраты приходятся на диапазон высоты продуваемой зоны 0,9–1,1 м, при этом температура воздуха должна быть 76–80  $^\circ\text{C}$ , скорость воздуха – 1,1–1,4 м/с.

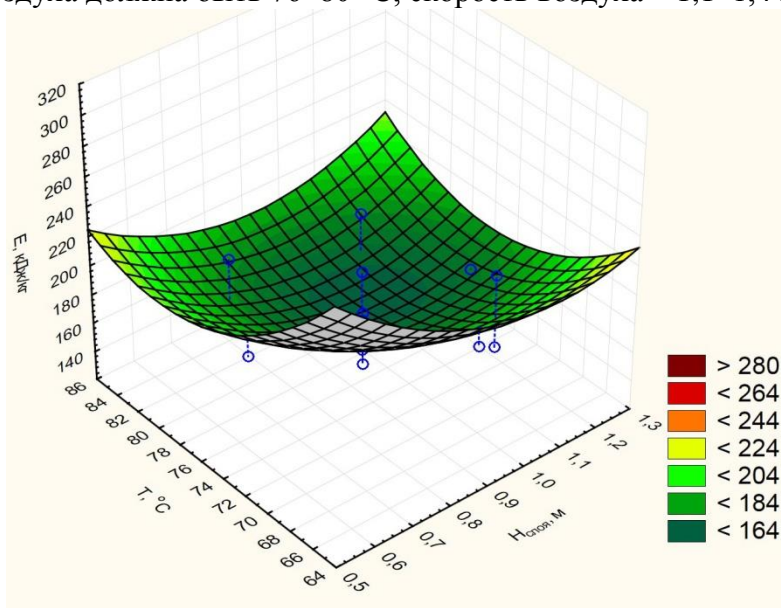


Рис. 2. Зависимость удельных энергозатрат ( $E, \text{ кДж/кг}$ ) от высоты продуваемого слоя зерна ( $H_{\text{слоя}}, \text{ м}$ ) и температуры воздуха ( $T, \text{ }^\circ\text{C}$ ):  
 $E = 2644,196 - 630,534 \cdot H_{\text{слоя}} - 55,897 \cdot T + 208,305 \cdot H_{\text{слоя}}^2 + 2,783 \cdot H_{\text{слоя}} \cdot T + 0,342 \cdot T^2$

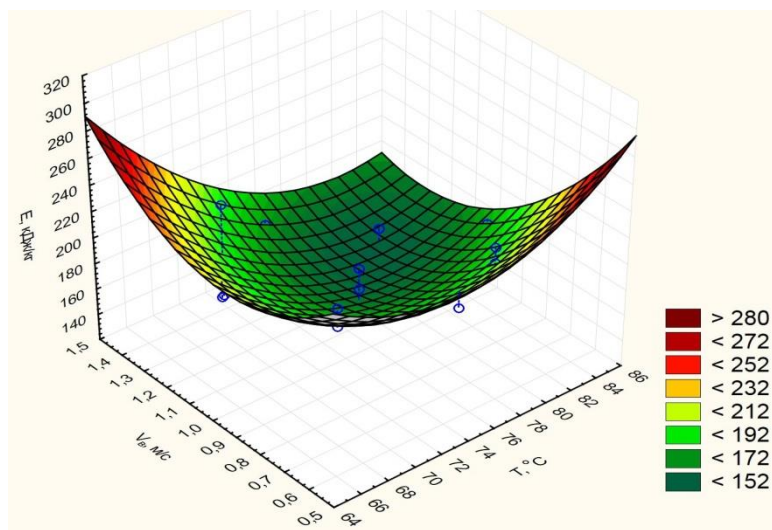


Рис. 3. Зависимость удельных энергозатрат ( $E$ , кДж/кг) от температуры воздуха ( $T$ , °С) и скорости воздуха ( $v_{в}$ , м/с):  
 $E = 2109,231 - 50,021 \cdot T + 61,348 \cdot v_{в} + 0,365 \cdot T^2 - 6,803 \cdot T \cdot v_{в} + 199,447 \cdot v_{в}^2$

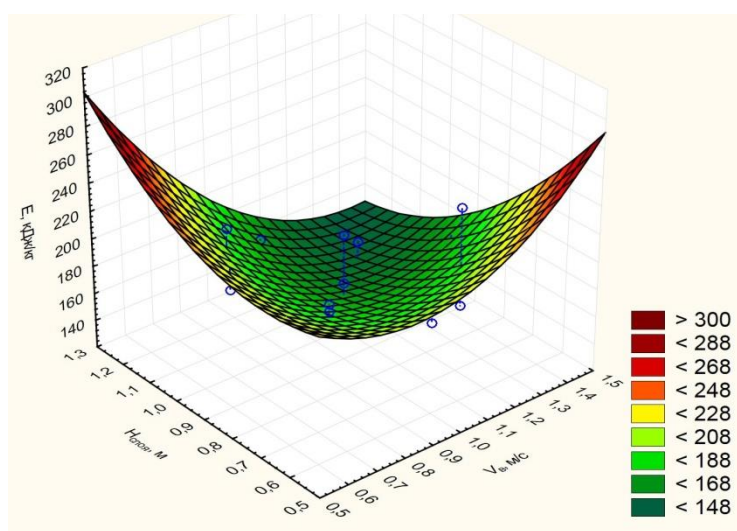


Рис. 4. Поверхность отклика удельных энергозатрат ( $E$ , кДж/кг) в зависимости от скорости воздуха ( $v_{в}$ , м/с) и высоты продуваемого слоя зерна ( $H_{слоя}$ , м):  
 $E = 357,928 - 167,377 \cdot v_{в} - 134,771 \cdot H_{слоя} + 179,12 v_{в}^2 - 267,657 \cdot v_{в} \cdot H_{слоя} + 197,55 \cdot H_{слоя}^2$

Коэффициент достоверности для регрессионных уравнений для расчета удельных энергозатрат ( $E$ , кДж/кг), приведенных на рисунках 2–4, составляет 92,53%.

В связи с тем, что исследуемые факторы (скорость воздуха и высота продуваемой зоны) неоднозначно влияют на удельные энергозатраты, выбор рациональных параметров процесса был проведен методом Харрингтона.

Задача оптимизации процесса активного вентилирования зерна заключалась в поиске условий, при которых удельные энергозатраты были минимальными при сбалансированном соотношении скорости и температуры воздуха и высоты продуваемого слоя зерна (рис. 2–4).

На рисунках 5–7 приведены поверхности отклика и соответствующие регрессионные уравнения, которые дают возможность определить величину конечной влажности зерна в зависимости от высоты продуваемого слоя зерна, скорости и температуры воздуха. Тем самым обосновывается требуемая высота сушильной камеры для рациональных режимов процесса активного вентилирования.

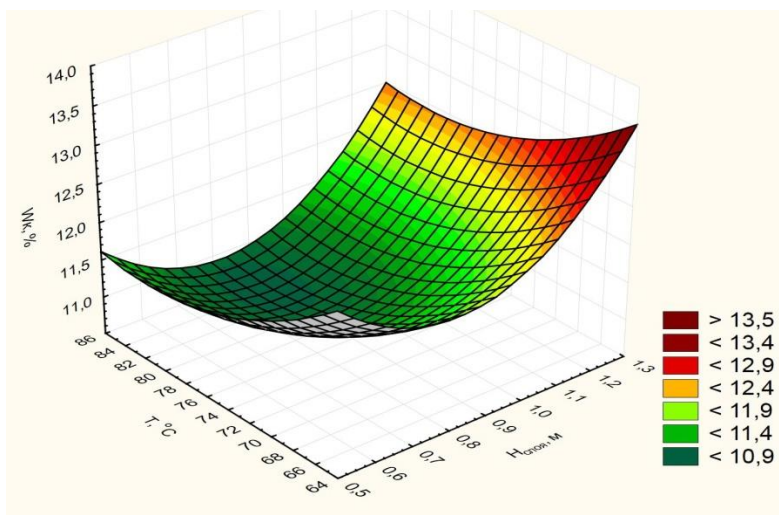


Рис. 5. Поверхность отклика конечной влажности ( $W_k$ , %) в зависимости от температуры воздуха ( $T$ , °C) и высоты продуваемого слоя зерна ( $H_{\text{слоя}}$ , м):  
 $W_k = 39,6191 - 11,2107 \cdot H_{\text{слоя}} - 0,5934 \cdot T + 6,8307 \cdot H_{\text{слоя}}^2 + 0,0002 \cdot H_{\text{слоя}} \cdot T + 0,0036 \cdot T^2$

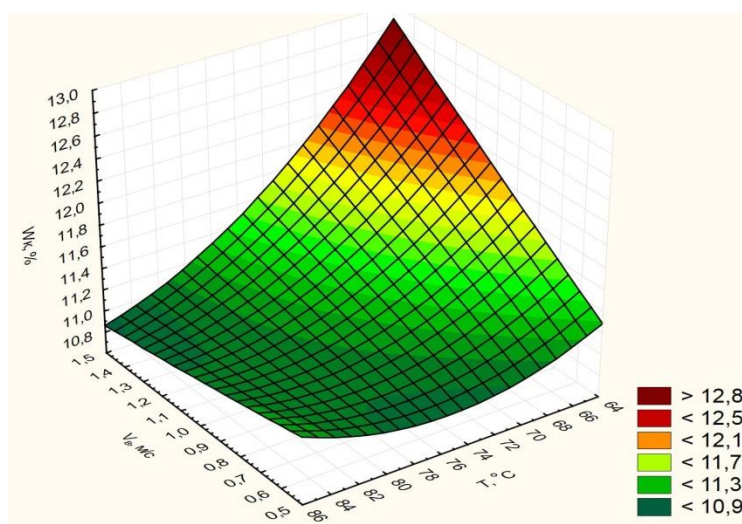


Рис. 6. Поверхность отклика конечной влажности ( $W_k$ , %) в зависимости от температуры ( $T$ , °C) и скорости воздуха ( $v_{\text{в}}$ , м/с):  
 $W_k = 22,1649 + 7,1244 \cdot v_{\text{в}} - 0,3474 \cdot T + 0,0586 \cdot v_{\text{в}}^2 \cdot T - 0,0883 v_{\text{в}} \cdot T + 0,0026 \cdot T^2$

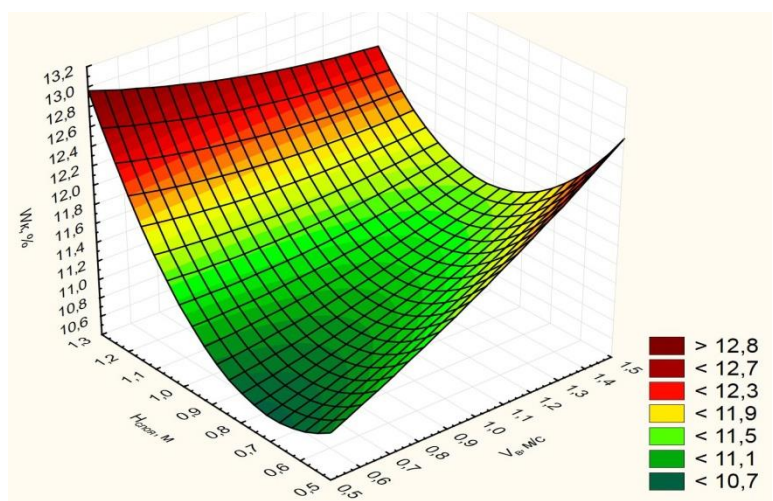


Рис. 7. Поверхность отклика конечной влажности  $W_k$  в зависимости от скорости воздуха ( $v_{\text{в}}$ , м/с) и высоты продуваемого слоя зерна ( $H_{\text{слоя}}$ , м):  
 $W_k = 12,3267 + 2,4946 \cdot v_{\text{в}} - 7,1986 \cdot H_{\text{слоя}} + 0,3872 \cdot v_{\text{в}}^2 - 2,9492 \cdot v_{\text{в}} \cdot H_{\text{слоя}} + 6,2502 \cdot H_{\text{слоя}}^2$



Коэффициент достоверности для регрессионных уравнений для расчета конечной влажности  $W_k$ , приведенных на рисунках 5–7, составляет 71,75%.

Учитывая результаты построения поверхностей отклика по зависимости удельных энергозатрат (рис. 2–4) и конечной влажности (рис. 5–7) от высоты продуваемого слоя зерна, температуры воздуха, скорости воздуха, можно сделать вывод, что рациональным решением является высота продуваемой камеры, равная 1 м.

### Заключение

Проведенные экспериментальные исследования по поиску рациональных режимов сушки активному вентилированию зерна, обработанные с помощью программного комплекса STATISTICA 10, позволили получить регрессионные уравнения расчета величин затрачиваемой энергии и конечной влажности зерна в зависимости от технологических параметров процесса сушки (высоты продуваемого слоя зерна, температуры и скорости воздуха).

В результате оптимизации процесса активного вентилирования зерна были определены рациональные значения высоты продуваемого слоя зерна (0,9–1,1 м), скорости (1,1–1,4 м/с) и температуры воздуха (76–80 °С), обеспечивающие минимальные удельные энергозатраты.

Высокие значения коэффициентов достоверности для регрессионных уравнений расчета удельных энергозатрат (92,53%) и для расчета конечной влажности  $W_k$  (71,75%) свидетельствуют об адекватности полученных уравнений.

### Список источников

1. Бритиков Д.А., Шевцов А.А. Энергосбережение в процессах сушки зерновых культур с использованием теплонасосных технологий: монография. Воронеж: ВГТА, 2011. 375 с.
2. Сорочинский В.Ф., Догадин А.Л. Контроль процесса сушки зерна по параметрам отработавшего агента сушки // *Хлебопродукты*. 2018. № 3. С. 49–53.
3. Шевцов С.А., Остриков А.Н. Техника и технология сушки пищевого растительного сырья. Воронеж: ВГУИТ, 2014. 289 с.
4. Albin G., Freire F.B., Freir J.T. Barley: effect of airflow reversal on fixed bed drying // *Chemical Engineering and Processing – Process Intensification*. 2018. Vol. 134. Pp. 97–104. DOI: 10.1016/j.cep.2018.11.001.
5. Coradi P.C., Fernandes C.H.P., Helmich J.C., Goneli A.L.D. Effects of drying air temperature and grain initial moisture content on soybean quality (*Glycine max* (L.) Merrill) // *Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering*. 2016. Vol. 36(5). Pp. 866–876. DOI: 10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n5p866-876/2016.
6. Hemis M., Watson D.G., Gariépy Yv., Lyew D., Raghavan V. Modelling study of dielectric properties of seed to improve mathematical modelling for microwave-assisted hot-air drying // *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*. 2019. Vol. 53(2). Pp. 94–114. DOI: 10.1080/08327823.2019.1607491.
7. Hemis M., Watson D.G., Raghavan V. Modeling the drying of wheat seeds in a fluidized bed using a spatially resolved model // *Applied Engineering in Agriculture*. 2019. Vol. 35(4). Pp. 551–559.
8. Lima R.L., Coradi P.C., Nunes M.T., [...], Campabadal C. Mathematical modeling and multivariate analysis applied earliest soybean harvest associated drying and storage conditions and influences on physico-chemical grain quality // *Scientific Reports*. 2021. Vol. 11. Article No. 23287. DOI:10.1038/s41598-021-02724-y.
9. Ostrikov A., Shevtsov A., Vasilenko V., Ospanov A., Timurbekova A. An empirical-mathematical modelling approach to explore the drying kinetics of cereals under variable heat supply using the stitched method // *Acta Agriculturae Scandinavica. Section B: Soil & Plant Science*. 2021. Pp. 1–10. DOI: 10.1080/09064710.2021.1947360.
10. Rodríguez-Ramos F., Leiva-Portilla D., Rodríguez-Núñez K., Pacheco P., Briones-Labarca V. Mathematical modeling and quality parameters of *Salicornia fruticosa* dried by convective drying // *Journal of Food Science and Technology*. 2021. Vol. 58. Pp. 474–483. DOI: 10.1007/s13197-020-04556-6.
11. Volkhonov M., Jabbarov I., Soldatov V., Smirnov I. Development of the method of exposure control of grain drying in high-temperature dryers // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2013. Vol. 3(3). Pp. 22–29. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.133607.

### References

1. Britikov D.A., Shevtsov A.A. Energoberezhnie v protsessakh sushki zernovykh kul'tur s ispol'zovaniem teplonasosnykh tekhnologij : monografiya [Energy saving in grain drying processes using heat pump technologies : monograph]. Voronezh: Voronezh State Technological Academy Press; 2011. 375 p. (In Russ.).

2. Sorochinskiy V.F., Dogadin A.L. Kontrol' protsessa sushki zerna po parametram otrabotavshogo agenta sushki [Control of the grain drying process according to the parameters of the spent drying agent]. *Khlebo-produkty = The Khleboprodukty Magazine*. 2018;3:49-53. (In Russ.).
3. Shevtsov S.A., Ostrikov A.N. Tekhnika i tekhnologiya sushki pishchevogo rastitel'nogo syr'ya [Technique and technology of drying food vegetable raw materials]. Voronezh: Voronezh State University of Engineering Technologies Press; 2014. 289 p. (In Russ.).
4. Albin G., Freire F.B., Freir J.T. Barley: effect of airflow reversal on fixed bed drying. *Chemical Engineering and Processing – Process Intensification*. 2018;134:97-104. DOI: 10.1016/j.cep.2018.11.001.
5. Coradi P.C., Fernandes C.H.P., Helmich J.C., Goneli A.L.D. Effects of drying air temperature and grain initial moisture content on soybean quality (*Glycine Max* (L.) Merrill). *Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering*. 2016;36(5):866-876. DOI: 10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n5p866-876/2016.
6. Hemis M., Watson D.G., Gariépy Yv., Lyew D., Raghavan V. Modelling study of dielectric properties of seed to improve mathematical modelling for microwave-assisted hot-air drying. *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*. 2019;53(2):94-114. DOI: 10.1080/08327823.2019.1607491.
7. Hemis M., Watson D.G., Raghavan V. Modeling the drying of wheat seeds in a fluidized bed using a spatially resolved model. *Applied Engineering in Agriculture*. 2019;35(4):551-559.
8. Lima R.L., Coradi P.C., Nunes M.T., [...], Campabadal C. Mathematical modeling and multivariate analysis applied earliest soybean harvest associated drying and storage conditions and influences on physico-chemical grain quality. *Scientific Reports*. 2021;11:23287. DOI: 10.1038/s41598-021-02724-y.
9. Ostrikov A., Shevtsov A., Vasilenko V., Ospanov A., Timurbekova A. An empirical-mathematical modelling approach to explore the drying kinetics of cereals under variable heat supply using the stitched method. *Acta Agriculturae Scandinavica. Section B: Soil & Plant Science*. 2021:1-10. DOI: 10.1080/09064710.2021.1947360.
10. Rodríguez-Ramos F., Leiva-Portilla D., Rodríguez-Núñez K., Pacheco P., Briones-Labarca V. Mathematical modeling and quality parameters of *Salicornia fruticosa* dried by convective dryin. *Journal of Food Science and Technology*. 2021;58:474-483. DOI: 10.1007/s13197-020-04556-6.
11. Volkhonov M., Jabbarov I., Soldatov V., Smirnov I. Development of the method of exposure control of grain drying in high-temperature dryers. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2013;3(3):22-29. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.133607.

#### Информация об авторах

А.Н. Остриков – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», [ostrikov27@yandex.ru](mailto:ostrikov27@yandex.ru).

М.В. Копылов – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», [kopylov-maks@yandex.ru](mailto:kopylov-maks@yandex.ru).

Е.Б. Медведков – доктор технических наук, профессор, директор центра инновационных образовательных технологий АО «Алматинский технологический университет», [evg\\_bm@mail.ru](mailto:evg_bm@mail.ru).

А.Д. Аскарлов – лектор кафедры машин и аппаратов производственных процессов АО «Алматинский технологический университет», [ardak\\_198282@mail.ru](mailto:ardak_198282@mail.ru).

Б.К. Нурахметов – доктор технических наук, профессор, первый проректор АО «Алматинский технологический университет», [b.nurakhmetov@mail.ru](mailto:b.nurakhmetov@mail.ru).

#### Information about the authors

A.N. Ostrikov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department of Fat Technology, Processes and Apparatus of Chemical and Food Production, Voronezh State University of Engineering Technologies, [ostrikov27@yandex.ru](mailto:ostrikov27@yandex.ru).

M.V. Kopylov, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Fat Technology, Processes and Apparatus of Chemical and Food Production, Voronezh State University of Engineering Technologies, [kopylov-maks@yandex.ru](mailto:kopylov-maks@yandex.ru).

E.B. Medvedkov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Director of the Center for Innovative Educational Technologies, Almaty Technological University, [evg\\_bm@mail.ru](mailto:evg_bm@mail.ru).

A.D. Askarov, Lecturer, the Dept. of Machines and Devices of Manufacturing Processes, Almaty Technological University, [ardak\\_198282@mail.ru](mailto:ardak_198282@mail.ru).

B.K. Nurakhmetov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, First Vice-Rector, Almaty Technological University, [b.nurakhmetov@mail.ru](mailto:b.nurakhmetov@mail.ru).

Статья поступила в редакцию 10.02.2022; одобрена после рецензирования 20.04.2022; принята к публикации 28.04.2022.

The article was submitted 10.02.2022; approved after revision 20.04.2022; accepted for publication 28.04.2022.

© Остриков А.Н., Копылов М.В., Медведков Е.Б., Аскарлов А.Д., Нурахметов Б.К., 2022

Научная статья  
УДК 629.113-587  
DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2022\_2\_39

## Обоснование выбора системы рулевого управления трактора

Александр Николаевич Беляев<sup>1✉</sup>, Татьяна Владимировна Тришина<sup>2</sup>, Владимир Дмитриевич Бурдыкин<sup>3</sup>, Алексей Евгеньевич Новиков<sup>4</sup>, Юрий Владимирович Дьяченко<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия  
<sup>1</sup>aifkm\_belyaev@mail.ru, aifkm@agroeng.vsau.ru✉

**Аннотация.** Выбор оптимальной схемы системы рулевого управления универсально-пропашного трактора является актуальной задачей, связанной со спецификой агротехнических требований, которые предъявляются к тому или иному скомпонованному с ним типу сельскохозяйственной техники. С целью повышения производительности машинно-тракторного агрегата (МТА), с учетом тенденции наращивания мощности двигателя, увеличивают его вес, что, в свою очередь, приводит к необходимости применения шин увеличенной ширины для равномерного распределения весовой нагрузки на почву. При использовании классической схемы универсально-пропашного трактора применение более широких шин накладывает ограничения на его эксплуатацию в узких междурядьях, что снижает эффективность МТА и ограничивает возможное количество выполняемых им сельскохозяйственных операций. В данном случае целесообразно использовать универсально-пропашной трактор с одинаковыми колесами, при этом необходимо сохранить маневренность и требуемое количество выполняемых операций, что невозможно при использовании для поворота только передних колес. В данной работе предложена система рулевого управления универсально-пропашного трактора с одинаковыми колесами, приведена ее схема и различные алгоритмы изменения положения колес относительно остова машины. Рассматриваемая система рулевого управления со всеми управляемыми колесами позволяет осуществлять различные способы поворота, в том числе с малыми радиусами. Результаты исследований подтвердили эффективность применения предложенной схемы: высокую маневренность, устойчивость и управляемость трактора на различных режимах движения, возможность применения его на транспортных работах, при междурядной обработке пропашных культур, на склонах и в условиях ограниченного пространства.

**Ключевые слова:** трактор, поворот, система рулевого управления, управляемые колеса, устойчивость движения, маневренность

**Для цитирования:** Беляев А.Н., Тришина Т.В., Бурдыкин В.Д., Новиков А.Е., Дьяченко Ю.В. Обоснование выбора системы рулевого управления трактора // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 15, № 2(73). С. 39–44. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_2\\_39-44](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_39-44).

## TECHNOLOGIES AND MECHANICAL MEANS IN AGRICULTURE (ENGINEERING SCIENCES)

Original article

## Rationale for choosing a tractor steering system

Aleksandr N. Belyaev<sup>1✉</sup>, Tatyana V. Trishina<sup>2</sup>, Vladimir D. Burdykin<sup>3</sup>,  
Aleksey E. Novikov<sup>4</sup>, Yuriy V. Dyachenko<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia  
<sup>1</sup>aifkm\_belyaev@mail.ru, aifkm@agroeng.vsau.ru✉

**Abstract.** Choosing optimal scheme of the steering system of a universal row-crop tractor is an urgent task related to the specifics of the agrotechnical requirements that are imposed on a particular type of agricultural machinery combined with it. In order to increase the productivity of the machine-tractor unit (MTU), taking into account the tendency of engine power expanding, usually increase its weight, which in turn leads to the need to use tires of extended width in order to obtain uniform distribution of the weight load on the soil. When classical scheme of a universal row-crop tractor is implemented, the use of wider tires imposes restrictions on its operation in close row-width spacings, which in turn reduces the efficiency of the MTU and limits the possible number of agricultural operations performed by it. In this case, it is advisable to use a universal tractor with equal wheels, while it is necessary to maintain maneuverability and the required number of operations performed, which is impossible when using only the front wheels for turning. The authors propose a steering system of a universal tractor with all equal wheels, consider the design scheme and various algorithms for changing the position of the wheels relative to the frame of the MTU. The steering system under consideration with all steerable wheels allows for various ways of



turning, including with small radii. The results of the research confirmed the effectiveness of the proposed scheme: high maneuverability, stability and controllability of the tractor in various driving modes, the possibility of using it in transport work, during inter-row tillage of arable crops, on slopes and in conditions of limited space.

**Keywords:** tractor, turning, steering system, steerable wheels, stability of movement, maneuverability

**For citation:** Belyaev A.N., Trishina T.V., Novikov A.E., Burdykin V.D., Dyachenko Yu.V. Rationale for choosing a tractor steering system. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(2):39-44. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_2\\_39-44](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_39-44).

**Т**енденция увеличения энергонасыщенности, сложившаяся в современном тракторостроении [4, 9, 10], в отношении универсально-пропашного трактора осложняется рядом факторов, зависящих от специфики агротехнических требований и технологий выполняемых сельскохозяйственных операций [5].

Одним из условий повышения производительности труда машинно-тракторного агрегата является увеличение скорости движения трактора, для чего, очевидно, необходима более высокая мощность его двигателя [3, 6], что увеличивает вес машины и, следовательно, предъявляет повышенные требования к грузоподъемности шин.

Применение более широких шин значительно сокращает виды работ, на которых можно использовать колесные универсально-пропашные трактора классической схемы, в частности в насаждениях с узкими междурядьями, поэтому использование трактора с четырьмя ведущими колесами одинакового размера в качестве универсально-пропашного способствует решению отмеченной проблемы, так как приводит к равномерной загрузке всех колес и лучшей проходимости в междурядьях [2].

Однако выбор схемы системы рулевого управления такого трактора затруднен. Применение рулевого привода типа шарнирно-сочлененной рамы на универсально-пропашном тракторе с одинаковыми колесами сделало бы невозможным его использование для обработки пропашных культур из-за повреждения растений задними колесами при работе в междурядьях. Управление только передними колесами трактора такой схемы приводит к значительному снижению маневренности на разворотах и на других работах, требующих крутых поворотов, из-за невозможности поворота передних колес на необходимый угол, так как их диаметр больше, чем у передних колес трактора классической схемы.

На тракторах с четырьмя одинаковыми колесами целесообразно применять такую систему рулевого управления, которая бы обеспечивала повороты трактора с большим радиусом только передними колесами и повороты малого радиуса всеми четырьмя колесами. По сравнению с рулевым механизмом типа шарнирно-сочлененной рамы применение такой рулевой системы на тракторах общего назначения, не снижая маневренности, позволяет использовать их в качестве универсально-пропашных, а также повышает безопасность выполнения этими машинами транспортных работ на высоких скоростях благодаря высокой устойчивости, так как повороты большого радиуса осуществляются только передними колесами.

Система рулевого управления с четырьмя управляемыми колесами одинакового размера удовлетворяет вышеописанные требования поворота. Исследования подтвердили высокую маневренность и устойчивость трактора при различных скоростях движения, а также достаточную надежность и работоспособность указанной системы управления поворотом колес [1].

Предложенная система рулевого управления трактора со всеми управляемыми колесами, кинематическая схема которой изображена на рисунке 1, работает следующим образом.

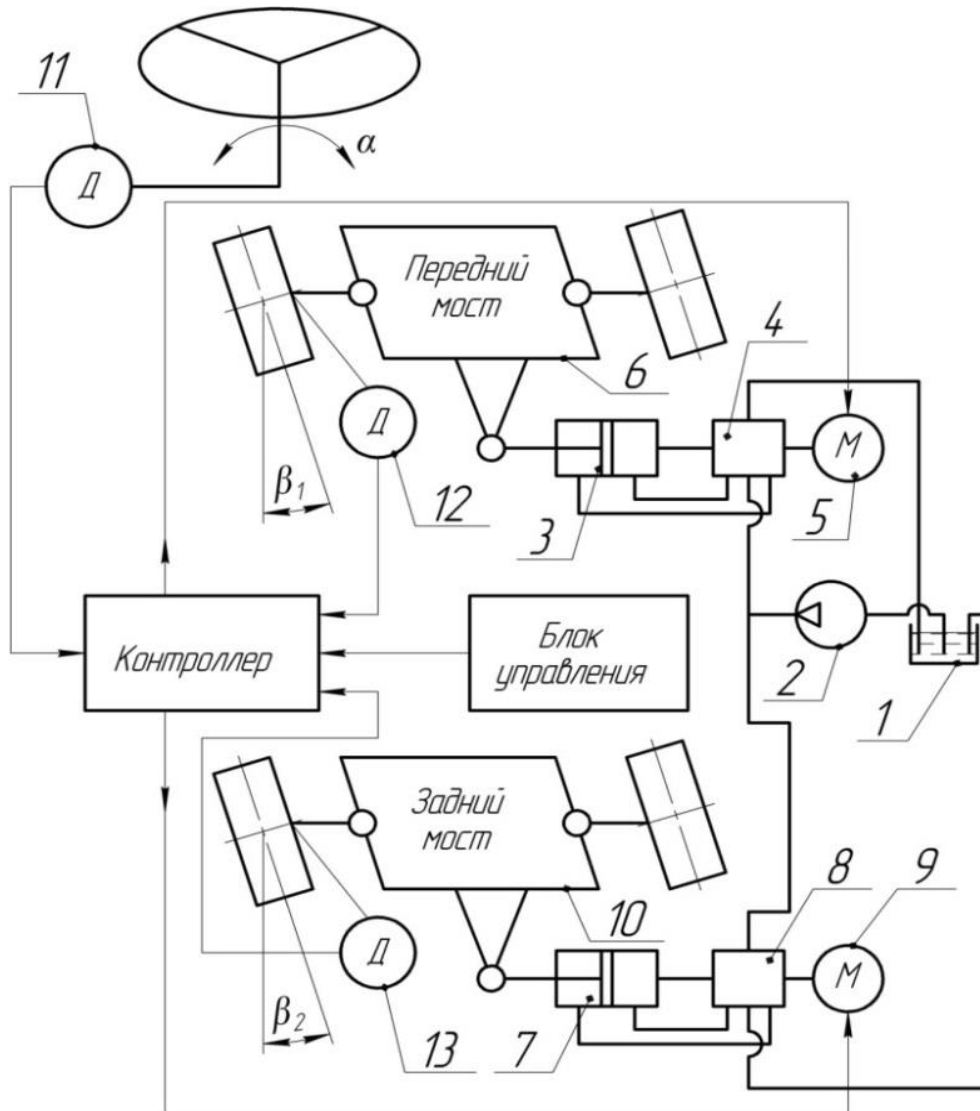


Рис. 1. Система рулевого управления трактора со всеми управляемыми колесами: 1 – гидробак; 2 – гидронасос; 3, 7 – гидроцилиндры; 4, 8 – гидрораспределители; 5, 9 – электромеханические приводы; 6, 10 – рулевые трапеции; 11, 12, 13 – датчики углов поворота рулевого колеса и мостов

В памяти контроллера хранится несколько алгоритмов управления положениями управляемых колес переднего и заднего мостов относительно остова трактора. В зависимости от вида выполняемых работ, агротехнических требований, от типа прицепного устройств или орудия оператор выбирает необходимый вариант управления положением колес переднего и заднего мостов относительно остова и посредством сенсорной панели блока управления отправляет сигнал в контроллер, который и выбирает необходимый алгоритм. Сигнал с датчика 11 угла поворота рулевого колеса поступает в контроллер, где он обрабатывается и в соответствии с выбираемым алгоритмом передается на электромеханические приводы 5 и 9 гидрораспределителей 4 и 8. В зависимости от положения золотников гидрораспределителей 4 и 8 в соответствии с выбираемым алгоритмом масло поступает в соответствующие полости гидроцилиндров 3 и 7 и через тяги воздействуют на рулевые трапеции 6 и 10 и изменяют положение колес. Углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  поворота колес являются функциями угла  $\alpha$  поворота рулевого колеса [ $\beta_1 = f(\alpha)$  и  $\beta_2 = f(\alpha)$ ] и контролируются датчиками 12 и 13.

Обычно достаточно четырех алгоритмов задания способов управления колесами, которые представлены на рисунке 2.

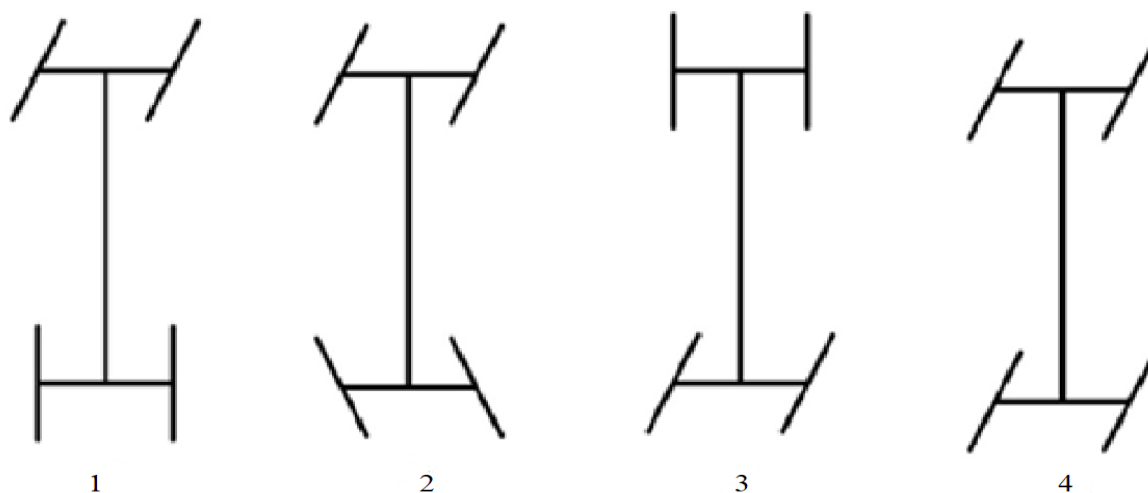


Рис. 2. Варианты алгоритмов управления положением колес: 1 – передние управляемые колеса; 2 – передние и задние управляемые колеса – поворот их в разные стороны относительно остова; 3 – задние управляемые колеса; 4 – передние и задние управляемые колеса – поворот их в одну сторону относительно остова («краб»)

При движении трактора с большими радиусами поворота, например при работе в междурядьях пропашных культур, желательно, чтобы задние колеса не участвовали в повороте, в результате чего вероятность повреждения ими растений практически исключается (рис. 2, способ 1). При выполнении трактором крутых поворотов задние колеса участвуют в повороте наряду с передними, благодаря чему маневренность трактора резко повышается (рис. 2, способ 2). При работе на реверсе способ поворота 3 является аналогом способа 2 (рис. 2). При выполнении операций на склонах единственной возможностью повышения устойчивости трактора является движение способом 4 рисунка 2 [3, 6].

Также возможно получение других различных вариантов изменения законов поворота колес, например запаздывание поворота задних колес относительно передних, как это показано на рисунке 3 [8].

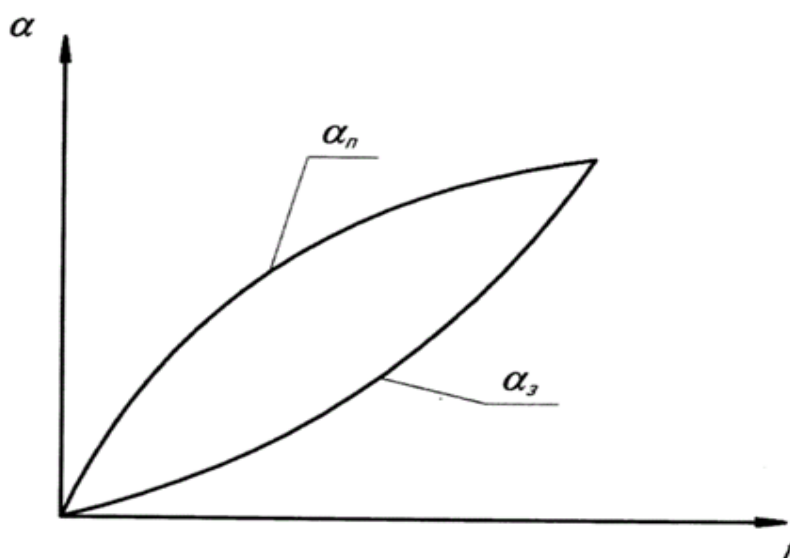


Рис. 3. Законы изменения углов поворота управляемых колес:  $\alpha_n$  – средний угол поворота передних управляемых колес;  $\alpha_z$  – средний угол поворота задних управляемых колес

Очевидно, что для обеспечения чистого качения всех колес при повороте по тому или иному способу должны меняться параметры рулевой трапеции мостов с целью перемещения мгновенного центра скоростей в нужное положение [7]. Но при этом, в целях предотвращения проскальзывания колес при криволинейном движении трактора, необходим более тщательный теоретический анализ всех механизмов системы рулевого управления, особенно для обеспечения дифференцированного поворота передних и задних колес.

### **Выводы**

Разработанная система рулевого управления трактора со всеми управляемыми колесами позволяет реализовывать различные режимы поворота управляемых колес, что значительно улучшает маневренность, устойчивость машины, повышает качество выполняемых операций, дает возможность эксплуатировать трактор при выполнении различных операций:

- при работе в условиях ограниченного пространства;
- при междурядной обработке пропашных культур;
- при обработке почвы на склонах;
- на транспортных внутрихозяйственных работах.

---

---

### **Список источников**

1. 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-научоград, 2019. 440 с.
2. Виноградов К.Н., Дурманов А.С., Киселев Н.И. и др. Обоснование параметров и конструкции универсально-пропашного трактора повышенной эффективности. Воронеж: Изд-во Воронежского гос. ун-та, 1978. 164 с.
3. 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.
4. Дурманов А.С., Коцарь Ю.А., Головащенко Г.А., Плужников С.В. Тракторы РТМ-160 и РТМ-160У. Конструкция, эксплуатация и техническое обслуживание. Саратов: Научная книга, 2006. 352 с.
5. Сборник агротехнических требований на тракторы и сельскохозяйственные машины / Государственный комитет СССР по производственно-техническому обеспечению сельского хозяйства; Главное управление заказов, испытания и внедрения новой техники. Москва: ЦНИИТЭИ Госкомсельхозтехники СССР, 1982. 298 с.
6. Скотников В.А., Машенский А.А., Солонский А.С. Основа теории и расчет трактора и автомобиля. Москва: Агропромиздат, 1986. 383 с.
7. Смирнов Г.А. Теория движения колесных машин. 2-е изд., доп. и перераб. Москва: Машиностроение, 1990. 352 с.
8. Способ поворота транспортного средства со всеми управляемыми колесами: пат. № 2705413 Рос. Федерация. № 2019100113; заявл. 09.01.19; опубл. 07.11.19. Бюл. № 31. 4 с.
9. Федоренко В.Ф., Гольяпин В.Я., Мишуrow Н.П. Тенденции машинно-технологической модернизации сельского хозяйства за рубежом (по материалам международной выставки «Agritechnica-2015»). Москва: Росинформагротех, 2016. 217 с.
10. Федоренко В.Ф., Гольяпин В.Я. Тракторы сельскохозяйственные за рубежом: тенденции развития и инновационные разработки // Техника и оборудование для села. 2016. № 1. С. 2–7.

### **References**

1. Belyaev A.N. Povyshenie effektivnosti raboty mashinno-traktornykh agregatov na baze integral'nykh universal'no-propashnykh kolesnykh traktorov [Improving the efficiency of machine-tractor units based on integral universal row-crop wheeled tractors]: dissertatsiya ... doctora tekhnicheskikh nauk = Doctoral Dissertation in Engineering Sciences: 05.20.01. Michurinsk-naukograd; 2019. 440 p. (In Russ.).

2. Vinogradov K.N., Durmanov A.S., Kiselev N.I. et al. Obosnovanie parametrov i konstruksii 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.).
3. Gus'kov V.V., Velev N.N., Atamanov Yu.E. et al. Traktory. Teoriya: uchebnyk 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.).
4. Durmanov A.S., Kotsar Yu.A., Golovashchenko G.A., Pluzhnikov S.V. Traktory RTM-160 i RTM-160U. Konstruktsiya, ekspluatatsiya i tekhnicheskoe obsluzhivanie [Tractors RTM-160 and RTM-160U. Construction, operation and maintenance]. Saratov: Nauchnaya Kniga; 2006. 352 p. (In Russ.).
5. Sbornik agrotekhnicheskikh trebovanij na traktory i sel'skokozyajstvennyye mashiny. Gosudarstvennyj komitet SSSR po proizvodstvenno-tekhnicheskomu obespecheniyu sel'skogo khozyajstva; Glavnoe upravlenie zakazov, ispytaniya i vnedreniya novej tekhniki [Collection of agrotechnical requirements for tractors and agricultural machines. USSR State Committee for Production and Technical Support of Agriculture; Main Directorate of Orders, Testing and Introduction of New Equipment]. Moscow: CNIITEI Goskomsel'khoztekhniki SSSR; 1982. 298 p. (In Russ.).
6. 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.).
7. 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.).
8. Sposob povorota transportnogo sredstva so vsemi upravlyaemyimi kolesami [Method of turning a vehicle with all steerable wheels]: patent 2705413 Ros. Federatsiya. № 2019100113; zayavleno 26.05.2015; opublikovano 20.10.2016. Byul. № 29 = Patent 2705413 Russian Federation. No. 2019100113, claimed 09.01.2019; published 07.11.2019. Bulletin 31. 6 p. (In Russ.).
9. Fedorenko V.F., Golyapin V.Ya., Mishurov N.P. Tendentsii mashinno-tekhnologicheskoy modernizatsii sel'skogo khozyajstva za rubezhom (po materialam mezhdunarodnoj vystavki "Agritechnica-2015") [Trends in machine-technological modernization of agriculture abroad (based on the proceedings of the international exhibition "Agritechnica-2015")]. Moscow: Rosinformagrotech; 2016. 217 p. (In Russ.).
10. Fedorenko V.F., Golyapin V.Ya. Traktory sel'skokhozyajstvennyye za rubezhom: tendentsii razvitiya i innovatsionnye razrabotki [Agricultural tractors abroad: trends in process and innovative developments]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela = Machinery and Equipment for Rural Area*. 2016;1:2-7. (In Russ.).

#### Информация об авторах

- А.Н. Беляев – доктор технических наук, доцент, зав. кафедрой прикладной механики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», aifkm\_belyaev@mail.ru.  
Т.В. Тришина – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной механики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», tata344@rambler.ru.  
В.Д. Бурдыкин – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной механики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», burdykin50@mail.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.

#### 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.  
V.D. Burdykin, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Applied Mechanics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, burdykin50@mail.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.

Статья поступила в редакцию 07.03.2022; одобрена после рецензирования 29.04.2022; принята к публикации 16.05.2022.

The article was submitted 07.03.2022; approved after revision 29.04.2022; accepted for publication 16.05.2022.

© Беляев А.Н., Тришина Т.В., Бурдыкин В.Д., Новиков А.Е., Дьяченко Ю.В., 2022

Научная статья

УДК 634.751

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2022\_2\_45

### Формирование гряды плоским нагребателем грядообразователя для возделывания земляники садовой

Сергей Владимирович Василенко<sup>1✉</sup>, Алексей Викторович Чернышов<sup>2</sup>,  
Владимир Васильевич Василенко<sup>3</sup>, Павел Павлович Малыхин<sup>4</sup>, Сергей Иванович Коржов<sup>5</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup>Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия  
<sup>1</sup>tuli-fruli@mail.ru✉

**Аннотация.** Промышленное выращивание земляники садовой в центральных и южных регионах России активно развивается на основе использования новейших агротехнических приемов, обеспечивающих наиболее полную реализацию потенциала продуктивности данной культуры. В таких масштабах землянику садовую предпочтительно выращивать на возвышенных грядах, преимуществом которых является удобство ухода и уборки урожая, проветривания и прогрева зоны корнеобитания, размещения защитной пленки и локального орошения, отвода лишней влаги. Гряды формируются навесным орудием, снабженным рабочими органами для нагребания почвы, выравнивания гряды сверху по бокам, накрывания пленкой и локального орошения. Полезной площадью является только верхняя площадка гряды, а остальная площадь занята боковыми откосами и промежуточными дорожками. Задачей теоретического исследования является определение рациональных значений ширины захвата рабочего органа в форме вертикального плоского щита, поставленного под углом к направлению движения, и глубины его погружения в почву. От этих параметров зависят размеры и форма гряды, в частности, ширина верхней площадки, на которой сажают рассаду, и ее высота над уровнем дорожек. Введен показатель полезного использования площади поля, который оценивает суммарный размер посевных площадок по отношению ко всему полю. Представлены аналитические уравнения от двух аргументов, построены трехмерные графики и составлена таблица рациональных значений ширины захвата каждого вертикального щита и глубины его погружения в почву. По результатам расчета оказалось, что плоские щитовые рабочие органы обеспечивают большую ширину посадочной площадки с хорошим коэффициентом использования площади поля, но высота гряды получается меньше рекомендованной. Можно допустить к работе нагребателя с шириной захвата 28–30 см при глубине хода не менее 14 см, но при этом коэффициент использования площади поля уменьшается до 0,42–0,46.

**Ключевые слова:** гряда, посадочная площадка, щитовой нагребатель, высота гряды, коэффициент использования площади, боковые откосы, промежуточные дорожки

**Для цитирования:** Василенко С.В., Чернышов А.В., Василенко В.В., Малыхин П.П., Коржов С.И. Формирование гряды плоским нагребателем грядообразователя для возделывания земляники садовой // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 2(73). С. 45–52. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_2\\_45](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_45)–52.

### TECHNOLOGIES AND MECHANICAL MEANS IN AGRICULTURE (ENGINEERING SCIENCES)

Original article

### Raised plant bed forming by pallet handle of ridge digger for garden strawberry cultivation

Sergey V. Vasilenko<sup>1✉</sup>, Aleksey V. Chernyshov<sup>2</sup>, Vladimir V. Vasilenko<sup>3</sup>,  
Pavel P. Malykhin<sup>4</sup>, Sergey I. Korzhov<sup>5</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup>Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, Voronezh, Russia  
<sup>1</sup>tuli-fruli@mail.ru✉

**Abstract.** Industrial cultivation of strawberries is highly developed in the Central and South regions of Russia due to advanced technologies implementation, based on the use of modern agrotechnical practices that ensure the fullest realization of the productivity potential. Garden strawberry is preferably grown on raised plant beds, the advantage of which is the convenience of care and harvesting, ventilation and warming of the root zone, the convenience of placing a protective film and local irrigation, removal of excess moisture. Plant beds are formed by a mounted tool equipped with working bodies for raking the soil, leveling the ridge from above on the sides, covering with a film and local irrigation. The useful area is only the upper platform of the ridge, and the rest of the area is occupied by side slopes and row spacings. The objective of the theoretical study is to determine the rational values of the width of the working body in the form of a vertical flat plate placed at an angle to the direction of movement, and its depth of digging in the soil. The size and shape of the pallet handle depend on these parameters, in particular, the width of

the upper plant bed on which seedlings are planted, and its height above row spacings. An indicator of beneficial use of the field area has been introduced, which estimates the total size of the sown areas in relation to the entire field. Analytical equations from two arguments are derived, three-dimensional graphs are constructed and a chart of rational values of operating width of each vertical flat plate and the depth of its digging in the soil is compiled. According to the results of the calculation, it turned out that flat panel working bodies provide a large width of the planting plot with a good coefficient of use of the field area, but the height of plant bed turns out to be less than recommended. It is possible to use pallet handle with operating width of 28-30 cm with running depth of at least 14 cm, but at the same time the utilization factor of the field area reduces to 0.42-0.46.

**Keywords:** plant bed, planting plot, pallet handle, plant bed height, area utilization coefficient, side slopes, row spacings  
**For citation:** Vasilenko S.V., Chernyshov A.V., Vasilenko V.V., Malykhin P.P., Korzhov S.I. Raised plant bed forming by pallet handle of ridge digger for garden strawberry cultivation. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(2):45-52. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_2\\_45-52](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_45-52).

## Введение

Земляника садовая представляет собой широко распространенную ягодную культуру, появившуюся одновременно и в Европе, и Америке. В России культура земляники садовой имеет 200-летнюю историю, при этом возделывать начинали сорта зарубежной селекции. Собственная селекционная работа была начата только в 1924 г. на Московской плодово-ягодной станции.

Промышленное выращивание земляники садовой высокоразвито в центральных и южных регионах России. Однако благодаря новым сортам и изменениям в технологии выращивания производство этой культуры шагнуло далеко в северные и восточные регионы страны.

Комплексный анализ состояния производства ягод этой культуры, основанный на изучении результатов исследований научных учреждений, деятельности садоводческих хозяйств РФ и зарубежного опыта, позволяет сделать вывод о том, что удовлетворение потребности населения и перерабатывающей промышленности возможно лишь при использовании современных прогрессивных технологий выращивания. Основой их является применение новейших агротехнических приемов, обеспечивающих наиболее полную реализацию потенциала продуктивности без снижения экологической устойчивости растений в конкретных природно-климатических условиях произрастания [6, 8].

Возделывать землянику садовую в промышленных масштабах удобнее всего на грядах, возвышающихся над промежуточными дорожками на 20–30 см [10]. Ширина дорожек составляет 35–40 см. Гребни, или гряды, размещают на расстоянии 60–70 см друг от друга, при этом расстояние зависит от ширины колеи трактора, агрегируемого с гребнеобразователем. Рекомендуемый угол наклона откоса равен 45–50°, но в любом случае он должен быть меньше или равен углу естественного откоса почвы.

Преимуществами возделывания ягодных культур на грядах является удобство ухода и уборки урожая, проветривания и прогрева зоны корнеобитания, удобство размещения защитной пленки и локального орошения, отвода лишней влаги. Однако рекомендуемые параметры гребней не всегда совпадают с возможностями регулирования ширины колеи трактора. Поэтому при проектировании конструкции грядообразователя существует не так уж много вариантов регулирования ширины гряды, ее высоты, ширины дорожек и других параметров, но следует придерживаться экономии пахотной территории и учитывать тот факт, что поперечный габарит орудия не должен выходить за пределы ширины колеи. Масса навесного грядообразователя и его тяговое сопротивление не превышают возможностей тракторов тягового класса 0,9 или 1,4, поэтому его конструкция может быть разработана применительно к тракторам МТЗ-80, МТЗ-82.

Главными рабочими органами грядообразователя являются нагребатели, которые формируют гряду с требуемыми размерами поперечного сечения. Эти размеры зависят прежде всего от густоты высадки рассады и способа размещения ее на гряде – в один или два ряда. Существует много рекомендаций, не всегда совпадающих [4, 5], так как условия культивирования земляники садовой могут быть самыми разными. На плоских открытых участках рекомендуется густота посадки 180–200 тыс. растений на га [6]. Междурадя выбирают в пределах 80–90 см, а интервалы в ряду – 10–20 см.

В Центрально-Черноземном регионе и более южных районах при орошении применяют ленточный способ посадки с расстоянием между лентами 90–100 см, между рядами в ленте – 30–50 см, а в рядах – от 15–20 до 30–40 см [8]. При однострочном размещении расстояние между рядами составляет 70–90 см (можно 60 см), между растениями в ряду – 15–30 см, а при двухстрочном размещении расстояния между строчками – 30 см, между растениями в строчке – 15–20 см и между лентами – 70–90 см [2].

Двухстрочная система выращивания ягод на грядах предполагает плотность растений 44 тыс. шт./га. Формирование гряд, укладка пленки и капельниц осуществляется гребнеобразователями с пленкоукладчиком [8]. С точки зрения экономии посевных площадей при возделывании земляники на грядах следует использовать двухстрочное размещение рассады, поэтому ширина гряды предусмотрена с учетом расположения двух рядов с расстоянием между ними 20–25 см и с отступлением от обоих краев на 10–12 см.

#### Объект исследования

Наиболее простым по своему устройству является плоский щитовой нагребатель, который включает два встречно-направленных по углу атаки вертикальных щита [9]. Рассмотрим подробнее процесс формирования гряды и технологические возможности такого нагребателя (рис. 1).

В передней части рамы орудия установлен нагребатель CDEF в виде вертикального щита с углом наклона к направлению движения  $\gamma = 42^\circ$ . Этот угол выбран по аналогии с углом сдвига почвы плужным лемехом или дополнительным щитком для расширения борозды при вспашке с полным оборотом пластов, так как он не слишком увеличивает длину щита и в то же время способствует скольжению и сходу с него почвы [3, 7].

Грядообразователи являются симметричными орудиями, поэтому симметрично щиту CDEF установлен такой же щит на другой стороне грядообразователя. Щиты не могут врезаться в неподготовленную почву, поэтому рекомендуется ее заранее вспахать и прокультивировать [9]. Возможно применение рыхлящих рабочих органов, установленных на раме грядообразователя перед нагребателями [1].

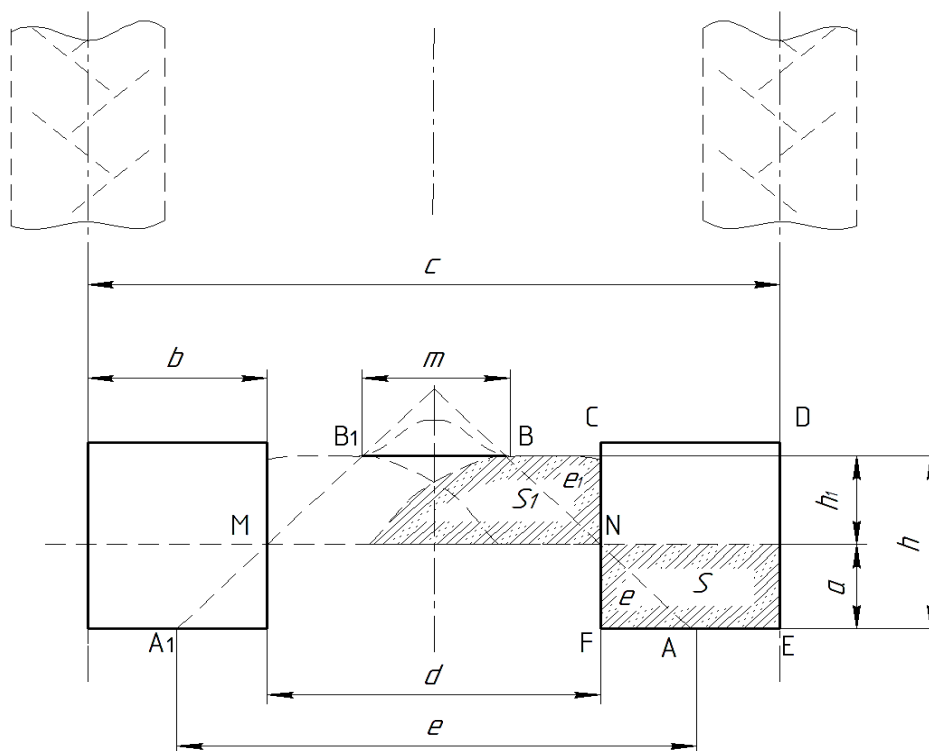


Рис. 1. Построение поперечного сечения гряды



Размещение гряд на поле должно быть таким, чтобы по возможности дорожки между ними были узкими, а сами гряды широкими, достаточными для размещения на них двух рядков рассады. При каждом рабочем проходе агрегата формируется одна гряда, поэтому все рабочие органы расставляются внутри ширины колеи трактора, вплотную к ее краям. При этом ширина дорожек должна быть равна ширине шин трактора. Трактор перемещается по этим дорожкам. Расстояние между серединами гряд равно ширине колеи, для трактора МТЗ-82  $c = 1,35$  м (рис. 1).

### Теоретический анализ и результаты

Процесс формирования гряды происходит симметрично с двух сторон, поэтому рассмотрим перемещение почвы нагребателем только с одной стороны. Правый нагребатель CDEF с шириной захвата  $b$ , погруженный в почву на глубину  $a$ , вытесняет пласт с поперечным сечением  $S = ab$  на поверхность поля. При этом пласт деформируется и принимает (с некоторым допущением) такую же площадь  $S_1 = S$ , но с другими размерами основания и высоты. Основание равно  $0,5d$ , а высоту обозначим  $h_1$ . Вспушенностью поднятой почвы можно пренебречь, так как со временем она вернется в прежнее состояние. Сразу после прохода нагребателя часть площади  $S_1$  в виде треугольника  $e_1$  сползает на позицию треугольника  $e$  по линии АВ, расположенной под углом естественного откоса почвы. Левый край насыпной почвы формируется аналогично, а следующие рабочие органы грядообразователя выравнивают поверхность гряды, придавая насыпанному объему форму трапеции  $MB_1BN$ . Высота трапеции зависит от площади  $S_1$ :

$$h_1 = \frac{ab}{0,5d} = \frac{2ab}{c-2b}, \quad (1)$$

где  $h_1$  – высота насыпной почвы в форме трапеции, м;

$a$  – глубина хода нагребателя, м;

$b$  – ширина захвата нагребателя, м;

$c$  – ширина колеи трактора, м;

$d$  – расстояние между смежными краями нагребателей, м.

Площадь  $e_1$  осыпавшегося вниз треугольника определяется по известному катету  $h_1$  и углу  $\varphi_1$  наклона гипотенузы:

$$e_1 = \frac{2a^2b^2}{(c-2b)^2 \operatorname{tg} \varphi_1}, \quad (2)$$

где  $e_1$  – площадь сечения осыпавшегося пласта почвы,  $\text{м}^2$ ;

$\varphi_1$  – угол естественного откоса почвы.

Учитывая равенства (1) и (2), можно определить площадь сечения трапециевидального пласта  $MB_1BN$ :

$$S_2 = 2ab - \frac{4a^2b^2}{(c-2b)^2 \operatorname{tg} \varphi_1}, \quad (3)$$

где  $S_2$  – площадь сечения почвенного пласта, поднятого нагребателями,  $\text{м}^2$ .

Площадь  $S_2$  может быть представлена также и произведением полусуммы оснований на высоту:

$$S_2 = \frac{2ab}{d} \cdot \frac{m+d}{2}, \quad (4)$$

где  $m$  – длина верхнего основания трапеции, или ширина посадочной площадки гряды, м.

По равенствам (3) и (4) после их преобразования получаем выражение для определения ширины посадочной площадки:

$$m = \frac{(c - 2b) \left[ 2ab(c - 2b)^2 \operatorname{tg} \varphi_1 - 4a^2b^2 \right]}{ab(c - 2b)^2 \operatorname{tg} \varphi_1} - c + 2b. \quad (5)$$

В этом выражении переменными являются глубина  $a$  хода нагребателей и их ширина захвата  $b$ . Для выбора рациональных значений этих параметров построим график функции от двух аргументов по выражению (5) (рис. 2).

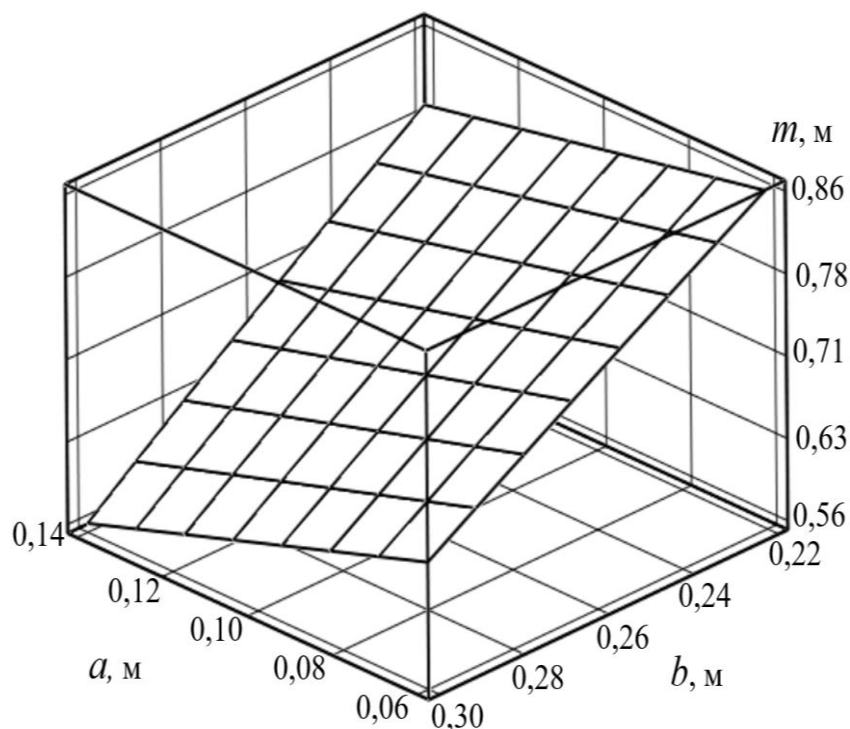


Рис. 2. Зависимость ширины посадочной площадки от глубины хода нагребателя и его ширины захвата

Данные рисунка 2 показывают, что ширина посадочной площадки уменьшается по мере роста ширины захвата нагребателя. Обратное влияние возможно по двум причинам. Во-первых, более широкие нагребатели оставляют меньше места для формирования гряды, а во-вторых, гряда растет в высоту, где боковые откосы приближаются друг к другу. С увеличением глубины хода нагребателей поднимается больше почвы, трапеция растет вверх, а там она сужается боковыми откосами.

Расположение нагребателей внутри ширины колеи выбрано таким, что прежняя поверхность поля как бы исчезает. Остаются только посадочные площадки, боковые откосы и дорожки, ширина которых равна ширине тракторной шины. Высота гряд над дорожками определяется по выражению (6), преобразовав которое, можно построить график зависимости от тех же параметров, что и график ширины посадочной площадки.

$$h = \frac{2ab}{c - 2b} + a, \quad (6)$$

где  $h$  – высота гряды над уровнем дорожек, м.

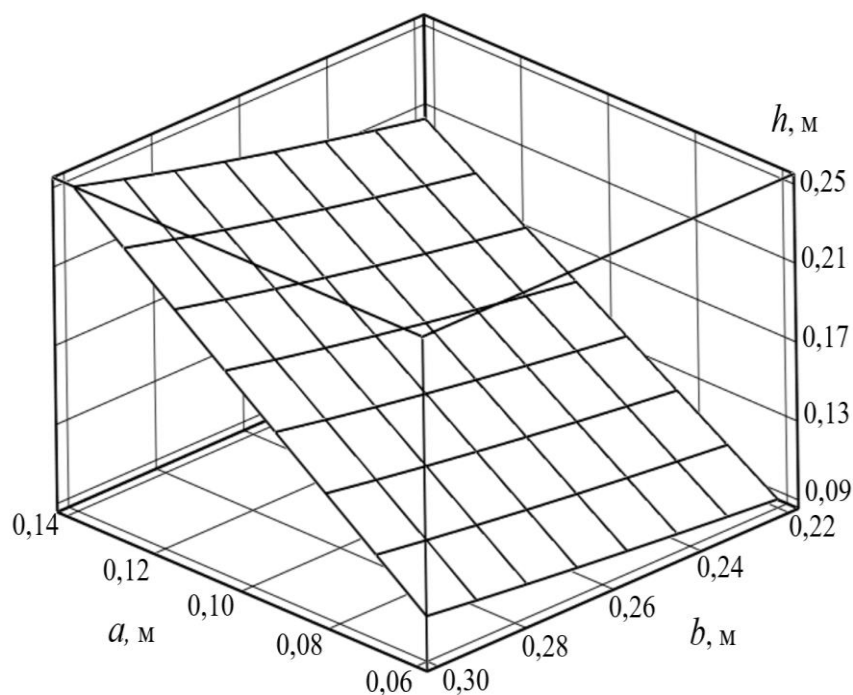


Рис. 3. Зависимость высоты гряды от глубины хода нагребателя и его ширины захвата

Как отмечено выше, при двухстрочной посадке рассады рекомендовано выдерживать расстояние между строчками 20–25 см с отступлением от обоих краев на 10–12 см, а высота гряды над дорожками должна составлять 25–30 см. Исходя из этого выберем по рисункам 2 и 3 область рациональных значений ширины захвата нагребателей и их глубины хода. Ширина посадочной площадки должна быть не менее 45–50 см, и это реализуется по всему диапазону исходных данных. Что касается высоты гряд, то она получается меньшей, чем рекомендовано, и если допустить  $h = 21\text{--}25$  см, то  $b = 25\text{--}30$  см,  $a = 12\text{--}14$  см. Более аргументированный выбор искомых значений параметров  $a$  и  $b$  получится с учетом степени полезного использования площади поля, отведенного под посадку земляники.

Введем понятие коэффициента использования площади поля

$$k = \frac{m}{c}, \quad (7)$$

где  $k$  – коэффициент использования площади поля.

Составим таблицу рациональных значений глубины хода нагребателей и их ширины захвата.

Рациональные значения глубины хода нагребателей и их ширины захвата

Глубина хода $a$ , см	Ширина захвата $b$ , см	Ширина площадки $m$ , см	Высота гряды $h$ , см	Коэффициент $k$
12	25	73	19	0,54
	28	65	21	0,48
	30	59	22	0,44
13	25	72	21	0,53
	28	64	22	0,47
	30	58	23	0,43
14	25	71	22	0,53
	28	62	24	0,46
	30	56	25	0,42

### Заключение

Плоские щитовые нагребатели обеспечивают большую ширину посадочной площадки с хорошим коэффициентом использования площади поля, но высота гряды получается меньше рекомендованной.

Можно допустить к работе нагребатели с шириной захвата 28–30 см при глубине хода не менее 14 см, но при этом коэффициент использования площади поля уменьшается до 0,42–0,46.

---

### Список источников

1. Агрегат для укладки перфорированной пленки на грядку заданного профиля: пат. 2283556 Рос. Федерация. № 2005102609/12; заявл. 03.02.2005; опубл. 20.09.2006. Бюл. № 26. 4 с.
2. Агротехника возделывания земляники [Электронный ресурс]. URL: [https://www.agrosistema.ru/index.php?Itemid=141&ca-tid=27&id=156:agrotechnika-vozdelyvaniya-emlyaniki&option=com\\_content&view=article](https://www.agrosistema.ru/index.php?Itemid=141&ca-tid=27&id=156:agrotechnika-vozdelyvaniya-emlyaniki&option=com_content&view=article) (дата обращения: 06.02.2022).
3. Василенко В.В., Василенко С.В., Хахулин А.Н. Полный оборот пласта при вспашке // Сельский механизатор. 2019. № 6. С. 40–41.
4. Выращивание земляники на высоких грядках [Электронный ресурс]. URL: <https://osadovod.ru/vyrashhivanie-zemlyaniki-na-vysokix-gryadkax.html> (дата обращения: 12.02.2022).
5. Земляника на грядке [Электронный ресурс]. URL: <https://chudo-ogorod.ru/zemlyanika-na-gryadke> (дата обращения: 10.02.2022).
6. Лысанюк В.Г. Земляника. Киев: Вища школа, 1990. 151 с.
7. Плуг с полным переворотом пласта: пат. 2549776 Рос. Федерация. № 2013148232/13; заявл. 29.10.2013; опубл. 27.04.2015. Бюл. № 12. 6 с.
8. Технология выращивания земляники садовой [Электронный ресурс]. URL: <https://kamed-stroyka.ru/vyrashhivanie/tehnologiya-vyrashhivaniya-zemlyaniki-sadovoj.html> (дата обращения: 06.02.2022).
9. Устройство для укладки мульчирующей пленки на грядку: пат. на полезную модель 105111 Рос. Федерация. № 2010145090/21, заявл. 03.11.2010, опубл. 10.06.2011. Бюл. № 16. 3 с.
10. Формирование гряд [Электронный ресурс]. URL: <https://medn.ru/rasteniy/ovoshhnye-rasteniya/formirovaniyegryad/> (дата обращения: 06.02.2022).

### References

1. Agregat dlya ukladki perforirovannoy plenki na gryadu zadannogo profilya [The unit for laying a perforated film on a planting bed of a given profile]: patent 2283556 Ros. Federatsiya. № 2005102609/12; zayavleno 03.02.2005; opublikovano 20.09.2006. Byul. № 26 = Patent 2283556 Russian Federation. No. 2005102609/12; claimed 03.02.2005; published 20.09.2006. Bulletin 26. 11 p. (In Russ.).

2. Agrotehnika vzdelyvaniya zemlyaniki [Agrotechnics of garden strawberry cultivation]. URL: [https://www.agrosistema.ru/index.php?Itemid=141&ca-tid=27&id=156:agrotehnika-vzdelyvaniya-emlyaniki&option=com\\_content&view=article](https://www.agrosistema.ru/index.php?Itemid=141&ca-tid=27&id=156:agrotehnika-vzdelyvaniya-emlyaniki&option=com_content&view=article). (In Russ.).
3. Vasilenko V.V., Vasilenko S.V., Khakhulin A.N. Polnyj oborot plasta pri vspashke [The complete turnover of the soil layer during plowing]. *Sel'skij mekhanizator = Selskiy Mechanizator*. 2019;6:40-41. (In Russ.).
4. Vyrashchivanie zemlyaniki na vysokikh gryadkakh [Growing of garden strawberry on raised beds]. URL: <https://osadovod.ru/vyrashhivanie-zemlyaniki-na-vysokix-gryadkax.html>. (In Russ.).
5. Zemlyanika na gryadke [Garden strawberry on the planting beds]. URL: <https://chudo-ogorod.ru/zemlyanika-na-gryadke>. (In Russ.).
6. Lysanyuk V.G. Zemlyanika [Garden Strawberry]. Kyiv: Vishcha shkola; 1990. 151 p. (In Russ.).
7. Plug s polnym perevorotom plasta [A plow with a complete turnover of the soil layer]: patent 2549776 Ros. Federatsiya. № 2013148232/13; zayavleno 29.10.2013; opublikovano 27.04.2015. Byul. № 15 = Patent 2549776 Russian Federation. No. 2013148232/13; claimed 29.10.2013; published 27.04.2015. Bulletin 12. 6 p. (In Russ.).
8. Tekhnologiya vyrashchivaniya zemlyaniki sadovoj [Technology of garden strawberry cultivation]. URL: <https://kamed-stroyka.ru/vyrashhivanie/tehnologiya-vyrashhivaniya-zemlyaniki-sadovoj.html>. (In Russ.).
9. Ustrojstvo dlya ukladyvaniya mul'chiruyushchej plenki na gryadu [Device for laying mulching film on the planting beds]: patent na poleznuyu model' 105111 Ros. Federatsiya. № 2010145090/21; zayavleno 03.11.2010; opublikovano 10.06.2011. Byul. № 16 = Utility Model Patent 105111 Russian Federation. No. 2010145090/21; claimed 03.11.2010; published 10.06.2011. Bulletin 16. 3 p. (In Russ.).
10. Formirovanie gryad [Formation of planting beds]. URL: <https://medn.ru/rasteniy/ovoshhnye-rasteniya/formirovaniegryad/>. (In Russ.).

#### Информация об авторах

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

А.В. Чернышов – кандидат технических наук, доцент кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [lexa-c@yandex.ru](mailto:lexa-c@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9302-9934>.

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](mailto:vladva.vasilenko@yandex.ru).

П.П. Малыхин – аспирант кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [lip64lip@gmail.com](mailto:lip64lip@gmail.com).

С.И. Коржов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [korzem@mail.ru](mailto:korzem@mail.ru).

#### Information about the authors

S.V. Vasilenko, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Applied Mechanics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [tuli-fruli@mail.ru](mailto:tuli-fruli@mail.ru).

A.V. Chernyshov, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [lexa-c@yandex.ru](mailto:lexa-c@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9302-9934>.

V.V. Vasilenko, Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [vladva.vasilenko@yandex.ru](mailto:vladva.vasilenko@yandex.ru), [smachin@agroeng.vsau.ru](mailto:smachin@agroeng.vsau.ru)

P.P. Malykhin, Postgraduate Student, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [lip64lip@gmail.com](mailto:lip64lip@gmail.com).

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, [korzem@mail.ru](mailto:korzem@mail.ru).

Статья поступила в редакцию 20.03.2022; одобрена после рецензирования 11.05.2022; принята к публикации 03.06.2022.

The article was submitted 20.03.2022; approved after revision 11.05.2022; accepted for publication 03.06.2022.

© Василенко С.В., Чернышов А.В., Василенко В.В., Малыхин П.П., Коржов С.И., 2022

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ  
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 621.311

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2022\_2\_53

**Оценка повышения надежности электроснабжения потребителя,  
резервируемого с помощью системы накопления энергии**

**Евгений Александрович Извеков<sup>1✉</sup>, Владимир Владимирович Картавец<sup>2</sup>**

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

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

**Аннотация.** Надежность электрических распределительных сетей сельских территорий уступает аналогичным сетям городских территорий и промышленных предприятий, что обусловлено рассредоточенностью потребителей. Повышение надежности сельских электрических сетей возможно за счет реализации концепции Smart Grid, подразумевающей внедрение технологий и оборудования, позволяющих автоматически регулировать конфигурацию и режимы сети. Обоснована целесообразность применения системы накопления энергии (СНЭ) для резервирования электроснабжения социально значимых объектов сельской местности, относящихся к III категории надежности (например фельдшерско-акушерский пункт). Приведена характеристика годового потребления электроэнергии потребителем, рассмотрена схема его электроснабжения. Определены основные показатели надежности элементов системы электроснабжения потребителя, время нахождения отдельных элементов системы электроснабжения в нерабочем состоянии. Рассмотрены вероятностные характеристики времени отключения потребителя из-за аварийных ситуаций и при плановых перерывах электроснабжения. Рассчитаны: время автономного электроснабжения потребителя от СНЭ при аварийных и плановых перерывах электроснабжения; вероятность бесперебойной работы потребителя при авариях в элементах электрической сети и при плановых перерывах электроснабжения; время нахождения элементов сети в нерабочем состоянии при использовании СНЭ для резервирования питания потребителя. Выполнено сравнение времени нахождения элементов сети в нерабочем состоянии без СНЭ и при их использовании. Выявлено, что применение СНЭ для резервирования социально значимых объектов в сельской местности позволяет существенно повысить надежность их электроснабжения. Показано, что перенос плановых ремонтов на период минимального потребления электроэнергии потребителем приводит к повышению надежности электроснабжения. Предложенный алгоритм оценки повышения надежности электроснабжения потребителя, резервируемого с помощью СНЭ, может быть применен и для любых других социально значимых объектов с иными техническими характеристиками.

**Ключевые слова:** электрическая схема, электрическая сеть, система накопления электрической энергии (СНЭ), надежность работы, резервное питание

**Для цитирования:** Извеков Е.А., Картавец В.В. Оценка повышения надежности электроснабжения потребителя, резервируемого с помощью системы накопления энергии // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 2(73). С. 53–63. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_2\\_53](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_53)–63.

ELECTROTECHNOLOGIES AND ELECTRIC EQUIPMENT  
IN AGRICULTURE (ENGINEERING SCIENCES)

Original article

**Evaluation of reliability improvement of electric power supply  
to a consumer reserved with the help of an energy storage system**

**Evgeniy A. Izvekov<sup>1✉</sup>, Vladimir V. Kartavtsev<sup>2</sup>**

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

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

**Abstract.** The reliability of electric distribution networks in rural areas is inferior to similar networks of urban areas and industrial enterprises, which is due to the dispersion of consumers. Rural electric networks reliability improvement is possible through implementation of the Smart Grid concept, which supposes introduction of technologies and equipment that automatically adjust configuration and modes of the network. The expediency of using electric energy storage system (EESS) for reserving power supply to socially significant rural objects belonging to Category 3 from the point of view of reliability (for example, medical and obstetrical station) is substantiated. The characteristic of the annual electricity consumption by the consumer is given, the scheme of its power supply is considered. The main indicators of the reliability of the elements of the consumer's power supply system, the time spent by individual elements of the power supply system in an inoperable state are determined. Probabilistic characteristics of the consumer shutdown time due to emergency shutdowns and scheduled power supply interruptions are considered. The authors calculated the time of autonomous power supply of the

consumer from the EESS in case of emergency and planned interruptions of power supply; the probability of uninterrupted operation of the consumer in case of accidents in the elements of the electrical network and in case of planned interruptions of power supply; the time when the network elements are inoperable when using the EESS to reserve power to the consumer. The authors also compared the time spent by network elements in an inoperable state without EESS and when using them; revealed that the use of EESS for reserving socially significant objects in rural areas can significantly increase the reliability of their power supply, as well as that the postponement of planned repairs for the period of minimum electricity consumption by the consumer leads to an increase in the reliability of power supply. The proposed algorithm for assessing the increase in the reliability of power supply to the consumer, reserved with the help of EESS, can be applied to any other socially significant objects with other technical characteristics.

**Keywords:** electrical circuit, electrical network, electric energy storage system (EESS), operation reliability, reserve power supply

**For citation:** Izvekov E.A., Kartavtsev V.V. Evaluation of reliability improvement of electric power supply to a consumer reserved with the help of an energy storage system. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(2):53-63. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_2\\_53-63](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_53-63).

Электрические распределительные сети сельских территорий отличаются более низкой надежностью по сравнению с аналогичными сетями городских территорий и сетями промышленных предприятий [10]. Связано это с рассредоточенностью потребителей по большой территории, и, как следствие, низкой плотностью нагрузки на сеть, а также большим количеством потребителей III категории надежности. Повышение надежности сельских электрических сетей возможно за счет реализации концепции Smart Grid (интеллектуальные сети электроснабжения), подразумевающей внедрение технологий и оборудования, позволяющих автоматически регулировать конфигурацию и режимы сети [11]. Одним из важнейших элементов интеллектуальной сети электроснабжения является система накопления энергии [3]. Возможны разные варианты применения систем накопления энергии (СНЭ) [6, 7, 9].

Одним из вариантов применения СНЭ является их использование для резервирования социально-значимых объектов в сельской местности, характеризующейся низким уровнем надежности электроснабжения [5]. Например, фельдшерско-акушерский пункт (ФАП) по нормативам относится к самой низкой, III категории надежности, которая подразумевает, что перерыв в электроснабжении может достигать 24 ч [2]. Однако ФАП является социально значимым объектом для жителей населенного пункта, в котором он находится, поэтому перерыв в электроснабжении этого потребителя приведет к нарушению нормальной жизнедеятельности местного населения, более того, данный объект фактически является местом оказания первой медицинской помощи нуждающимся в ней гражданам, особенно людям пенсионного возраста, не имеющим возможности быстро добраться до районной больницы. Учитывая тот факт, что большая часть людей, проживающих в сельском населенном пункте, это люди пенсионного возраста, то прекращение работы ФАП приведет к нарушению нормальной жизнедеятельности целого населенного пункта и негативно отразится на здоровье местных жителей. Таким образом, хотя ФАП и относится к объектам III категории, следует принять меры по повышению надежности его электроснабжения как важного социально значимого объекта, что возможно осуществить при помощи СНЭ.

Проведем оценку степени повышения надежности электроснабжения социально значимого потребителя, резервируемого с помощью СНЭ на примере ФАП. Схема исследуемого участка сети, по которому осуществляется электроснабжение ФАП, представлена на рисунке 1, характер годового потребления электроэнергии ФАП – в таблице 1.

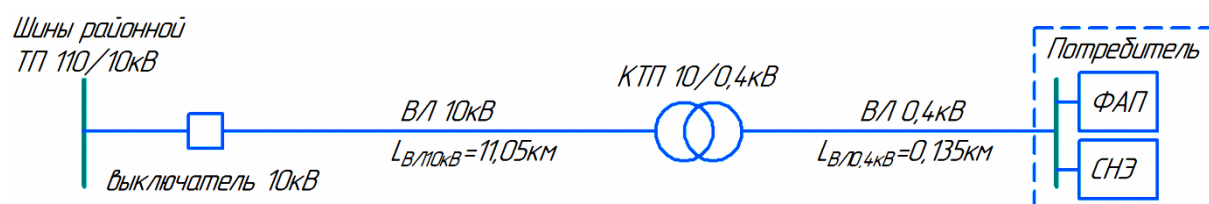


Рис. 1. Схема исследуемого участка электрической сети

Таблица 1. Статистические данные по годовому потреблению электроэнергии ФАП

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Потребление электроэнергии, W, кВт·ч	3947	4521	4666	2876	1531	987	421	397	573	1710	2956	3512

Основными показателями надежности элемента системы электроснабжения являются частота отключений элемента  $\omega$ , (откл./год) и среднее время восстановления работы элемента после отключения  $\tau$ , (ч/откл.). Значения показателей формируются на основе многолетних наблюдений за работой подобных элементов и обработки статистических данных. Показатели надежности основных элементов сельских распределительных сетей приведены в таблице 2 [1].

Таблица 2. Показатели надежности элементов системы электроснабжения

Наименование элемента сети	Частота отключений, $\omega$ , откл./год		Среднее время восстановления, $\tau$ , ч/откл.	
	аварийных, $\omega_a$	плановых, $\omega_n$	аварийного отключения, $\tau_a$	планового отключения, $\tau_n$
ВЛ 0,4 кВ (на 1 км длины)	0,2	0,3	4	5
Комплектная трансформаторная подстанция 10/0,4 кВ	0,035	0,3	8	8
ВЛ 10 кВ (на 1 км длины)	0,25	0,25	6	5,8
Ячейки 10 кВ наружной установки	0,05	0,3	5	5

Самым ненадежным элементом системы электроснабжения являются линии электропередачи (ЛЭП) из-за их протяженности и влияния на них большого количества внешних воздействий. В сельских сетях 90–95% отключений приходится на ЛЭП. Трансформаторы повреждаются значительно реже, однако их отказ ведет к более тяжелым последствиям, а восстановление работоспособности требует длительного времени. Отказы коммутационных аппаратов происходят при отключении коротких замыканий, выполнении ими различных операций, а также в стационарном состоянии. Основная причина повреждений коммутационных аппаратов – механические повреждения, связанные с несовершенством конструкции, нарушением технологии изготовления или правил эксплуатации [8].

Анализ схемы сети, приведенной на рисунке 1, показывает, что аварийное отключение сети 0,4 кВ осуществляется при коротких замыканиях в сети 0,4 кВ автоматическим выключателем, установленным в РУ 0,4 кВ КТП 10/0,4 кВ. Аварийное отключение сети 10 кВ осуществляется вакуумным выключателем, установленным в ячейке РУ районной подстанции в результате срабатывания релейной защиты при коротких замыканиях в сети. Плановые (преднамеренные) отключения проводятся по заранее разработанному графику в целях профилактических осмотров, ремонта и замены оборудования элементов электрической сети.

Расчет времени нахождения сети в нерабочем состоянии произведем из условия, что все рассматриваемые элементы расположены последовательно от источника до потребителя, что подразумевает прекращение электроснабжения потребителя при аварийном



отключении любого одного из элементов сети (рис. 1). Значения параметров приведенных в таблице 2 имеют вероятностный характер, поэтому на основе них можно рассчитать вероятное время нахождения элементов в состоянии аварийного отключения:

$$T_a = \omega_a \cdot \tau_a, \text{ (ч/год)}. \quad (1)$$

Рассчитаем вероятное время нахождения ВЛ 0,4кВ в нерабочем аварийном состоянии:

$$T_{aВЛ\ 0,4\ кВ} = \omega_{aВЛ\ 0,4\ кВ} \cdot l_{ВЛ\ 0,4\ кВ} \cdot \tau_{aВЛ\ 0,4\ кВ} = 0,2 \cdot 0,135 \cdot 4 = 0,108 \frac{\text{ч}}{\text{год}}, \quad (2)$$

где  $l_{ВЛ\ 0,4\ кВ}$  – длина участка линии 0,4 кВ, км.

Расчет остальных элементов сети проводим аналогичным образом, результаты расчета сведем в таблицу 3.

**Таблица 3. Расчет вероятного времени нахождения элементов сети в нерабочем состоянии**

Наименование элемента сети	Длина ВЛ, км	Аварийные отключения, $T_a$ , ч/год	Коэффициент одновременности плановых отключений, $g$	Плановые отключения, $T_p$ , ч/год
ВЛ 0,4 кВ	0,135	0,108	0,4	0,2025
Комплектная трансформаторная подстанция 10/0,4 кВ		0,28	Элемент с наибольшим временем восстановления	2,4
ВЛ 10 кВ	11,05	16,575	Базовый элемент	16,0225
Ячейка 10 кВ наружной установки		0,25	1	1,5
Потребитель		17,213		16,804

Общее время аварийных отключений потребителей определим как сумму времени аварийных отключений всех элементов сети.

Продолжительность преднамеренных отключений за год определяется с учетом того, что при ремонте электрооборудования обычно отключаются одновременно несколько взаимосвязанных элементов, ремонт которых осуществляется одновременно. Поэтому суммарная продолжительность преднамеренных отключений цепочки меньше суммы продолжительности ремонта отдельных элементов.

Продолжительность преднамеренных отключений отдельного элемента за год определяется по следующей формуле:

$$T_p = \omega_p \cdot \tau_p, \text{ (ч/год)}. \quad (3)$$

Продолжительность преднамеренных отключений группы последовательных элементов за год определяется по выражению [1]

$$T_p = \omega_B T_B + \omega_{\max} (T_{\max} - T_B) + \sum_{i=1}^n \omega_i T_i (1 - g), \quad (4)$$

где  $\omega_B$ ,  $T_B$  – частота отключения и среднее время восстановления базового элемента цепочки, в нашем случае ВЛ 10 кВ;

$\omega_{\max}$ ,  $T_{\max}$  – частота отключения и среднее время восстановления элемента с наибольшим временем восстановления (КТП 10/0,4);

$\omega_i$ ,  $T_i$  – частота отключения и среднее время восстановления остальных элементов;

$g$  – коэффициент совпадения (относительная частота преднамеренных отключений остальных элементов по отношению к базовому).

Рассчитаем вероятное время перерывов электроснабжения потребителя, вызванных плановыми отключениями:

$$T_{пПотр} = 0,25 \cdot 11,05 \cdot 5,8 + 0,3(8 - 5,8) + 0,3 \cdot 0,135 \cdot 5(1 - 0,4) + 0,3 \cdot 5(1 - 1) = 16,804 \text{ ч/год}.$$

Общее время перерыва электроснабжения потребителя будет определяться как сумма времени нахождения всех элементов сети в аварийном нерабочем состоянии и суммы времени плановых отключений с учетом одновременности проведения плановых отключений.

$$T_{\text{нПотр}} = T_{\text{аПотр}} + T_{\text{пПотр}} = 17,213 + 16,804 = 34,017 \text{ ч/год} . \quad (5)$$

Из результатов расчетов, приведенных в таблице, видно, что вероятное время отключения потребителя вследствие аварийных ситуаций составляет 17,213 ч/год, время плановых отключений – 16,804 ч/год, вероятное суммарное время прекращения электроснабжения – более 34 ч/год. Наиболее уязвимым и соответственно менее надежным элементом исследуемой сети является линия 10 кВ, на нее приходится более 90% времени отключений.

Рассмотрим вероятностные характеристики временного интервала отключения одного из элементов сети при возникновении аварийной ситуации на примере ВЛ 0,4 кВ. Известно, что распределение плотности вероятности продолжительности времени аварийного отключения элементов сети подчиняется экспоненциальному закону распределения:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} , \quad (6)$$

где  $t$  – продолжительность отключения, ч;

$\lambda$  – параметр потока отказов.

Среднее время восстановления электроснабжения после аварии на ВЛ 0,4 кВ составляет  $\tau_{\text{авЛ} 0,4 \text{ кВ}} = 4$  ч на одно отключение, т.е.  $t_{\text{ср}} = \tau_{\text{авЛ} 0,4 \text{ кВ}} = 4$  ч, следовательно, величина параметра потока аварийных отказов ВЛ 0,4 кВ равна  $\lambda = \ln(2)/t_{\text{ср}} = \ln(2)/4 = 0,1733$  [4].

Зная величину параметра потока аварийных отказов ВЛ 0,4 кВ, можно построить график распределения плотности вероятности продолжительности времени восстановления (отключения) ВЛ 0,4 кВ после аварии на ней (рис. 2).

Аналогичным образом рассчитываем параметры потока отказов и строим графики распределения плотности вероятности длительности аварийных отказов для остальных элементов сети (рис. 2).

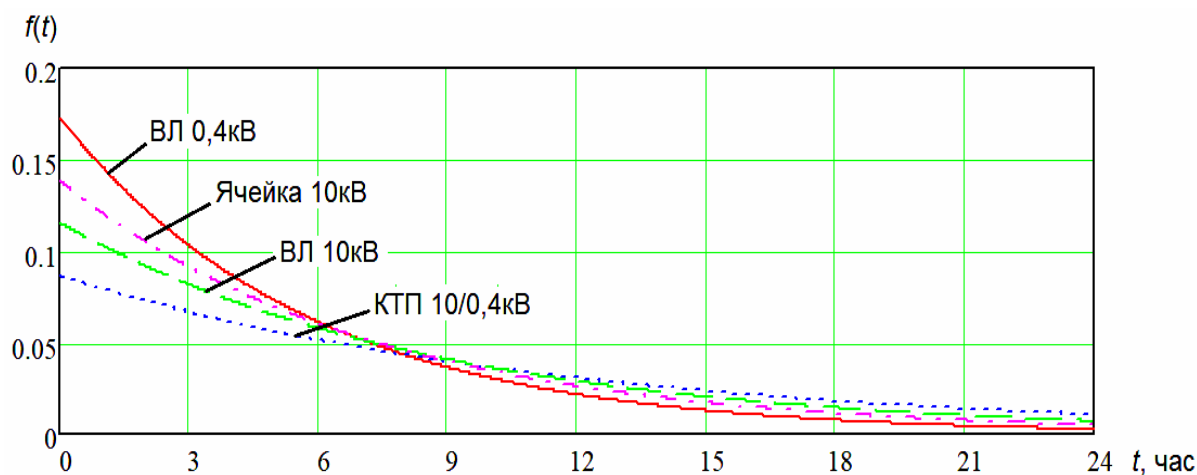


Рис. 2. График плотности вероятности продолжительности аварийных отключений элементов сети

Далее рассмотрим вероятностные характеристики временного интервала отключения элементов сети при плановых отключениях. Известно, что распределение плотности вероятности продолжительности времени отключения элементов сети подчиняется нормальному закону распределения:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-t_{\text{ср}})^2}{2\sigma^2}}, \quad (7)$$

где  $t$  – продолжительность отключения, ч;

$t_{\text{ср}}$  – математическое ожидание продолжительности отключения, ч;

$\sigma$  – среднеквадратическое отклонение;

$\sigma^2$  – дисперсия случайной величины.

Зная, что среднее время восстановления электроснабжения при плановых отключениях на ВЛ 0,4 кВ составляет  $\tau_{\text{пВЛ } 0,4 \text{ кВ}} = 5$  часов на одно отключение (то есть  $t_{\text{ср}} = \tau_{\text{пВЛ } 0,4 \text{ кВ}} = 5$  ч), а также что 99,7% вероятностных событий укладывается в диапазон  $t_{\text{ср}} \pm 3\sigma$ , и приняв среднеквадратическое отклонение равным  $5/3 = 1,667$  ч, можно построить график распределения плотности вероятности продолжительности времени восстановления работоспособности ВЛ 0,4 кВ при плановых отключениях на ней (рис. 3). Аналогичным образом рассчитываем параметры потока отказов и строим графики распределения плотности вероятности длительности плановых ремонтов для остальных элементов сети (рис. 3).

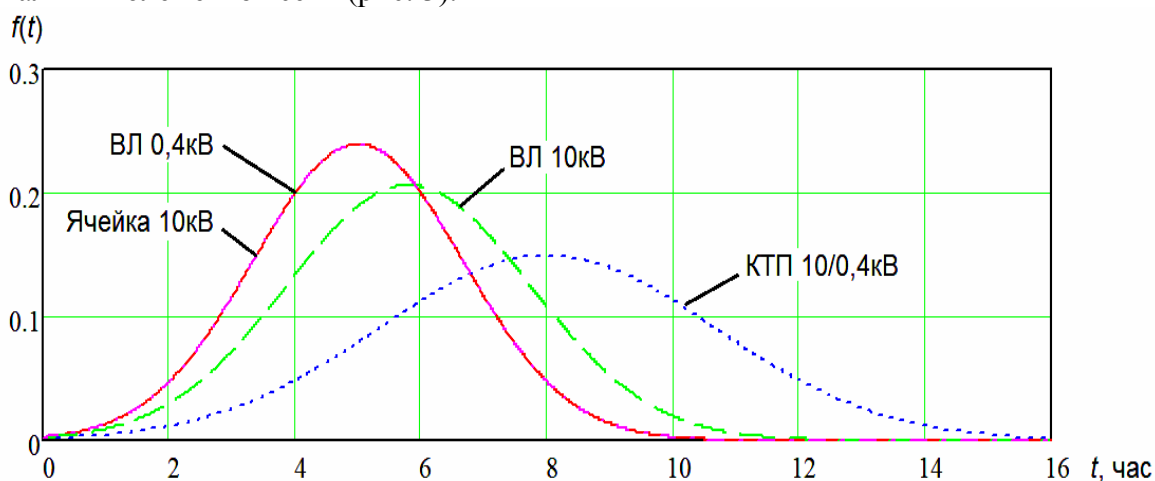


Рис. 3. График плотности вероятности продолжительности плановых отключений элементов сети

СНЭ, установленная у потребителя, способна резервировать питание при некоторых непродолжительных отключениях элементов сети. Продолжительность возможной автономной работы СНЭ в качестве резервного источника питания зависит от потребляемой электроприемниками мощности на момент аварийного отключения. Из характеристики потребителя, приведенной в таблице 1, известно, что величина потребляемой электроэнергии сильно изменяется по месяцам, поэтому расчет придется проводить для каждого месяца отдельно. Для примера возьмем месяц январь. Потребление электроэнергии в январе составило  $W = 3947$  кВт·ч, что соответствует средней мощности потребления, равной

$$P_{\text{ср}} = \frac{W}{T} = \frac{3947}{720} = 5,482 \text{ кВт}, \quad (8)$$

где  $T$  – рассматриваемый период времени, ч (30 дней в месяце  $\times$  24 часа в сутках = 720 часов).

Зная среднюю мощность потребления электроэнергии в январе месяце, можно рассчитать продолжительность возможной автономной работы СНЭ в качестве резервного источника питания при средней мощности потребления:

$$t = \frac{W_{\text{СНЭ}}}{P_{\text{ср}}} = \frac{24}{5,482} = 4,38 \text{ часа}, \quad (9)$$

где  $W_{\text{СНЭ}}$  – емкость аккумуляторной батареи СНЭ, кВт·ч.

Расчет показывает, что продолжительность возможной автономной работы СНЭ в качестве резервного источника питания при возникновении аварии в январе составит  $t_{\text{СНЭ}} = 4,38$  ч. В то же время из графика, представленного на рисунке 2, видно, что есть вероятность возникновения отключений, продолжительность которых превышает 4,38 ч. Вероятность продолжительных аварийных отключений, превышающих время резервирования питания от СНЭ, определим по выражению [4]

$$F_a(t) = 1 - e^{-\lambda \cdot t_{\text{СНЭ}}} . \quad (10)$$

Для ВЛ 0,4 кВ:

$$F_{\text{авл } 0,4 \text{ кВ}}(t) = 1 - e^{-0,1733 \cdot 4,38} = 0,532.$$

Получившиеся значения отобразим на графике (рис. 4).

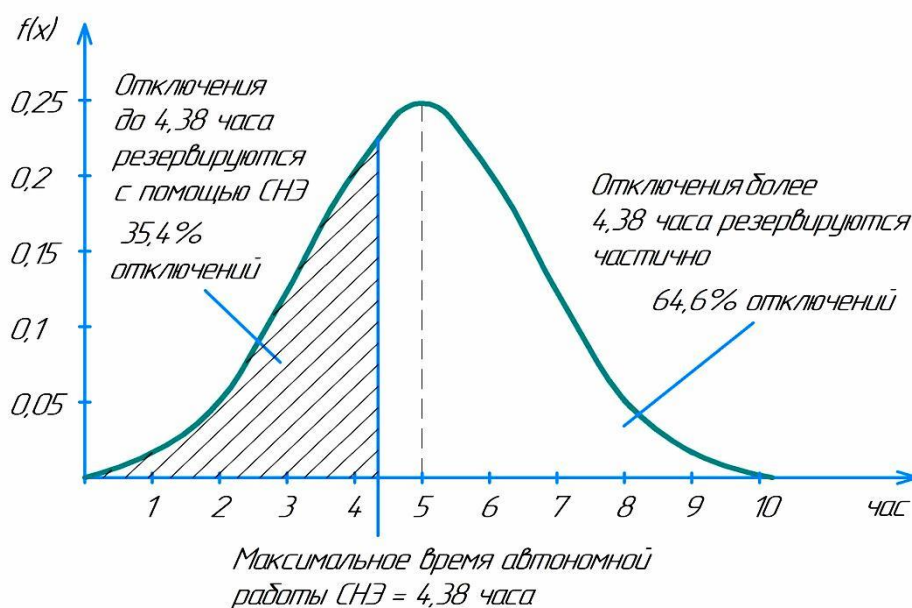


Рис. 4. График вероятности резервирования аварийного отключения ВЛ 0,4 кВ в январе

Таким образом, вероятность бесперебойной работы потребителя при авариях на ВЛ 0,4 кВ в январе составляет 53,2%. В 46,8% случаев СНЭ не сможет обеспечить резервное питание, однако время каждого из аварийных отключений сократится на 4,38 ч.

Вероятность продолжительных плановых отключений, превышающих время работы СНЭ, определим по выражению [4]:

$$F_{\text{пвл } 0,4 \text{ кВ}}(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^{t_{\text{СНЭ}}} e^{-\frac{(t-t_{\text{сп}})^2}{2\sigma^2}} dt. \quad (11)$$

Для ВЛ 0,4 кВ:

$$F_{\text{пвл } 0,4 \text{ кВ}}(t) = \frac{1}{1,667\sqrt{2\pi}} \int_0^{4,38} e^{-\frac{(t-5)^2}{2 \cdot 1,667^2}} dt = 0,354.$$

Получившиеся значения отобразим на графике (рис. 5).

Таким образом, вероятность бесперебойной работы потребителя при плановых отключениях ВЛ 0,4 кВ в январе составляет 35,4%. В 64,6% случаев СНЭ не сможет обеспечить резервное питание, однако время каждого планового отключения сократится на 4,38 ч. Аналогичные расчеты проведем для всех месяцев года.

Результаты расчета вероятности бесперебойной работы потребителя при авариях сведем в таблицу 4.

Результаты расчета вероятности бесперебойной работы потребителя при плановых отключениях сведем в таблицу 5.

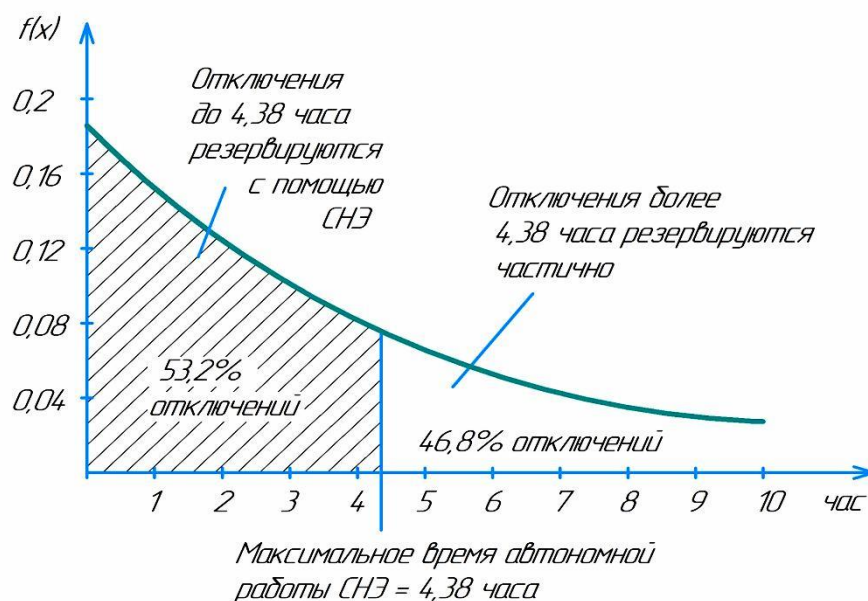


Рис. 5. График вероятности резервирования плановых отключений ВЛ 0,4 кВ в январе месяце

Таблица 4. Расчет вероятности бесперебойной работы потребителя при авариях в элементах питающей сети

Месяц	Средняя мощность, $P_{ср}$ , кВт	Время резервирования, $t_{снз}$ , ч	Элемент сети			
			ВЛ 0,4 кВ	КТП 10/0,4 кВ	ВЛ 10 кВ	Ячейка 10 кВ
Январь	5,482	4,38	53,17	31,55	39,69	45,49
Февраль	6,279	3,82	48,44	28,18	35,69	41,12
Март	6,481	3,70	47,37	27,44	34,80	40,15
Апрель	3,994	6,01	64,70	40,57	50,04	56,52
Май	2,126	11,29	85,86	62,37	72,85	79,08
Июнь	1,371	17,51	95,19	78,04	86,76	91,17
Июль	0,585	41,05	99,92	97,14	99,13	99,66
Август	0,551	43,53	99,95	97,69	99,34	99,76
Сентябрь	0,796	30,16	99,46	92,66	96,93	98,47
Октябрь	2,375	10,11	82,64	58,32	68,87	75,35
Ноябрь	4,106	5,85	63,69	39,72	49,09	55,52
Декабрь	4,878	4,92	57,37	34,69	43,35	49,44

Таблица 5. Расчет вероятности бесперебойной работы потребителя при плановых отключениях элементов питающей сети

Месяц	Средняя мощность, $P_{ср}$ , кВт	Время резервирования, $t_{снз}$ , ч	Элемент сети			
			ВЛ 0,4 кВ	КТП 10/0,4 кВ	ВЛ 10 кВ	Ячейка 10 кВ
Январь	5,482	4,38	35,4	8,6	23	35,4
Февраль	6,279	3,82	23,8	5,7	15,2	23,8
Март	6,481	3,70	21,6	5,2	13,7	21,6
Апрель	3,994	6,01	72,6	22,6	54,2	72,6
Май	2,126	11,29	100	89	99,6	100
Июнь	1,371	17,51	100	99,8	100	100
Июль	0,585	41,05	100	100	100	100
Август	0,551	43,53	100	100	100	100
Сентябрь	0,796	30,16	100	100	100	100
Октябрь	2,375	10,11	99,8	78,4	98,6	99,8
Ноябрь	4,106	5,85	69,4	20,9	50,9	69,4
Декабрь	4,878	4,92	48	12,3	32,3	48

Вероятность бесперебойной работы потребителя при отключениях элементов питающей сети за год определим как среднеарифметическое вероятностей за двенадцать месяцев. Расчет проведем для всех элементов питающей сети. Результаты расчета сведем в таблицу 6.

Таблица 6. Вероятности бесперебойной работы потребителя

Вероятность бесперебойной работы при:	Элемент сети			
	ВЛ 0,4 кВ	КТП 10/0,4 кВ	ВЛ 10 кВ	Ячейка 10 кВ
- аварийных отключениях	74,81	57,37	64,71	69,31
- плановых отключениях	72,55	53,54	65,63	72,55

Произведем расчет времени нерабочего состояния потребителя при использовании СНЭ для резервирования его работы при аварийных отключениях элементов питающей сети. Расчет проведем на примере ВЛ 0,4 кВ:

$$T_{\text{авл 0,4 кВ СНЭ}} = T_{\text{авл 0,4кВ}} \frac{100 - F_{\text{авл 0,4 кВ}}}{100}, \quad (12)$$

где  $F_{\text{авл 0,4 кВ}}$  – вероятность бесперебойной работы потребителя при аварийных отключениях ВЛ 0,4 кВ;

$T_{\text{авл 0,4 кВ}}$  – продолжительность аварийного отключения ВЛ 0,4 кВ.

$$T_{\text{нвл 0,4 кВ СНЭ}} = 0,108 \frac{100 - 74,81}{100} = 0,0272 \text{ ч/год.}$$

Для остальных элементов питающей сети расчет произведем аналогично. Общее время аварийных отключений потребителей определим как сумму времени аварийных отключений всех элементов сети. Результаты расчета сведем в таблицу 6.

Расчет продолжительности плановых отключений произведем по формуле

$$T_{\text{пПотрСНЭ}} = \omega_{\text{Б}} T_{\text{Б}} \frac{100 - F_{\text{пБ}}}{100} + \omega_{\text{макс}} (T_{\text{макс}} - T_{\text{Б}}) \left( \frac{100 - F_{\text{пмакс}}}{100} \right) + \sum_{i=1}^n \omega_i T_i (1 - g) \left( \frac{100 - F_{\text{пи}}}{100} \right), \quad (13)$$

где  $F_{\text{пБ}}$  – вероятность бесперебойной работы потребителя при аварийных отключениях базового элемента сети (ВЛ 10 кВ);

$F_{\text{пмакс}}$  – вероятность бесперебойной работы потребителя при аварийных отключениях элемента с наибольшим временем восстановления (КТП 10/0,4);

$F_{\text{пи}}$  – вероятность бесперебойной работы потребителя при аварийных отключениях остальных элементов сети.

$$T_{\text{пПотрСНЭ}} = 0,25 \cdot 11,05 \cdot 5,8 \frac{100 - 65,63}{100} + 0,3(8 - 5,8) \left( \frac{100 - 53,54}{100} \right) + 0,3 \cdot 0,135 \times \\ \times 5(1 - 0,4) \left( \frac{100 - 72,55}{100} \right) + 0,3 \cdot 5(1 - 1) \left( \frac{100 - 72,55}{100} \right) = 5,8477 \text{ ч/год.}$$

Результат расчета сведем в таблицу 7.

Таблица 7. Расчет вероятного времени нахождения элементов сети в нерабочем состоянии при использовании СНЭ

Наименование элемента сети	Длина ВЛ, км	Аварийные отключения, $T_a$ , ч/год	Коэффициент одновременности, $g$	Плановые отключения, $T_n$ , ч/год
ВЛ 0,4 кВ	0,135	0,0272	0,4	0,0556
Комплектная трансформаторная подстанция 10/0,4 кВ		0,1194	элемент с наибольшим временем восстановления	1,1150
ВЛ 10 кВ	11,05	5,849	базовый элемент	5,5077
Ячейка 10 кВ наружной установки		0,0767	1	0,4118
Потребитель		6,0722		5,8477

Общее время перерыва электроснабжения потребителя с учетом времени резервирования с помощью СНЭ будет определяться как сумма времени нахождения всех элементов сети в аварийном нерабочем состоянии и суммы времени плановых отключений с учетом одновременности проведения плановых отключений.

$$T_{\text{нПотрСНЭ}} = T_{\text{аПотрСНЭ}} + T_{\text{пПотрСНЭ}} = 6,0722 + 5,8477 = 11,92 \text{ ч/год.} \quad (14)$$

Сравнивая результаты расчета, приведенные в таблицах 2 и 6, можно увидеть, что использование СНЭ для резервирования питания ФАП в период аварийных и плановых отключений позволяет существенно снизить время перерывов электроснабжения, а это значит, что надежность социально значимого объекта существенно повышается. Время перерывов электроснабжения при аварийных отключениях снижается на 74,81% при отключениях ВЛ 0,4 кВ, на 57,37% при отключениях КТП 10/0,4 кВ, на 64,71% при отключениях ВЛ 10 кВ, на 69,31% при отключениях ячейки 10 кВ на районной подстанции. Общее вероятное время аварийных отключений сокращается на 64,74% с 17,213 ч/год до 6,07 ч/год. Вероятное время плановых отключений сокращается на 65,2% с 16,804 ч/год до 5,848 ч/год. Общее время отключения потребителя сокращается на 22,097 ч и составит 11,92 ч/год.

Также из приведенных выше расчетов видно, что в летние месяцы происходит полное 100% резервирование потребителя, а в зимний период лишь частичное резервирование отключений. Связано это с тем, что в летние месяцы потребление электроэнергии потребителем снижается по сравнению с пиковым потреблением в зимний период. То есть при проведении соответствующих организационных мероприятий, направленных на перенос плановых ремонтов элементов сети на месяцы с минимальным потреблением электроэнергии, общее вероятное время перерывов электроснабжения значительно сократится.

### Выводы

Применение СНЭ для резервирования социально значимых объектов в сельской местности позволяет существенно повысить надежность их электроснабжения. Приведенный пример расчета резервирования сельского ФАП показал, что вероятное время аварийных отключений сокращается на 64,74%, вероятное время плановых отключений – на 65,2, общее время плановых и аварийных отключений – на 64,96%.

Дополнительным фактором повышения надежности электроснабжения резервируемого с помощью СНЭ потребителя является проведение организационных мероприятий, направленных на перенос плановых ремонтов на период минимального потребления электроэнергии потребителем.

Предложенный алгоритм оценки повышения надежности электроснабжения потребителя, резервируемого с помощью СНЭ, может быть применен и для других социально-значимых объектов с иными техническими характеристиками.

### Список источников

1. Анищенко В.А., Колосова И.В. Основы надежности систем электроснабжения: пособие для студентов вузов. Минск: БНТУ, 2007. 151 с.
2. Герасименко А.А., Федин В.Т. Передача и распределение электрической энергии. 2-е изд. Ростов н/Д: Феникс, 2008. 720 с.
3. ГОСТ Р 58092.3.1-2020. Системы накопления электрической энергии (СНЭЭ). Проектирование и оценка рабочих параметров. Общие требования. Москва: Стандартинформ, 2020. 39 с.
4. Зорин В.В., Тисленко В.В., Клеппель Ф., Адлер Г. Надежность систем электроснабжения: пособие для студентов вузов. Киев: Вища школа, Головное изд-во, 1984. 192 с.
5. Извеков Е.А., Дерканосова Н.М. Обоснование режимов работы систем накопления энергии // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе: Материалы международной научно-практической конференции. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. Ч. I. С. 385–392.
6. Извеков Е.А., Помогаев Ю.М. Анализ влияния режима электропотребления на снижение потерь электроэнергии в электрической сети с накопителем энергии // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т. 12, № 2(61). С. 92–101.

7. Литий-ионные батареи и системы накопления энергии [Электронный ресурс] // ООО «РЭНЕРА» – отраслевой интегратор в области систем накопления электроэнергии. URL: <https://www.renera.ru/> (дата обращения: 12.11.2021).
8. Прусс В.Л., Тисленко В.В. Повышение надежности сельских электрических сетей. Ленинград: Энергоатомиздат : Ленинградское отд-ние, 1989. 208 с.
9. Системы Накопления Энергии, технологическая инжиниринговая компания [Электронный ресурс] // Технологическая инжиниринговая компания ООО «Системы накопления энергии». URL: <http://estorsys.ru/> (дата обращения: 12.11.2021).
10. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. 4-е изд., перераб. и доп. Москва: ЭНАС, 2012. 376 с.
11. Colthorpe A. Energy Vault asks investors to bet on pre-commercial gravity storage tech ahead of NYSE listing // Energy Storage News. URL: <https://www.energy-storage.news/energy-vault-asks-investors-to-bet-on-pre-commercial-gravity-storage-tech-ahead-of-nyse-listing/>.

### References

1. Anishchenko V.A., Kolosova I.V. Osnovy nadezhnosti sistem elektrosnabzheniya: posobie dlya studentov vuzov [Fundamentals of reliability of power supply systems: a manual for graduate students]. Minsk: Belarusian National Technical University; 2007. 151 p. (In Russ.).
2. Gerasimenko A.A. Peredacha i raspredelenie elektricheskoy energii. 2-e izd. [Transmission and distribution of electric energy. 2<sup>nd</sup> ed. Rostov-on-Don: Phoenix; 2008. 720 p. (In Russ.).
3. GOST R 58092.3.1-2020. Sistemy nakopleniya elektricheskoy energii (SNEE). Proektirovanie i otsenka rabochikh parametrov. Obshchie trebovaniya [Electric energy storage (EES) systems. Planning and performance assessment. General requirements]. Moscow: Standartinform; 2020. 39 p. (In Russ.).
4. Zorin V.V., Tislenko V.V., Kleppel' F., Adler G. Nadezhnost' sistem elektrosnabzheniya: posobie dlya studentov vuzov [Reliability of power supply systems: a manual for graduate students]. Kiev: Vishcha shkola, Head Office; 1984. 192 p. (In Russ.).
5. Izvekov E.A., Derkanosova N.M. Obosnovanie rezhimov raboty sistem nakopleniya energii [Justification of operating modes of energy storage systems]. Energoeffektivnost' i energosberezhenie v sovremennom proizvodstve i obshchestve. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Chast' I [Energy efficiency and Energy saving in Modern Production and society: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Part I]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2021:385-392. (In Russ.).
6. Izvekov E.A., Pomogaev Yu.M. Analiz vliyaniya rezhima elektropotrebleniya na snizhenie poter' elektroenergii v elektricheskoy seti s nakopitelem energii [Analysis of the impact of electric power consumption patterns on reducing the electric power losses in the electric network with a power storage unit]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2019;12(2):92-101. (In Russ.).
7. Pruss V.L., Tislenko V.V. Povyshenie nadezhnosti sel'skikh elektricheskikh setej [Improving the reliability of rural electric networks]. Leningrad: Energoatomizdat: Leningrad Office; 1989. 208 p. (In Russ.).
8. Sistemy Nakopleniya Energii, tekhnologicheskaya inzhiniringovaya kompaniya [Energy Storage Systems, technological engineering company]. Tekhnologicheskaya inzhiniringovaya kompaniya ООО "Sistemy Nakopleniya Energii" [Technological Engineering Company ООО "Sistemy Nakopleniya Energii"']. URL: <http://estorsys.ru/>. (In Russ.).
9. Spravochnik po proektirovaniyu elektricheskikh setej; pod red. D.L. Fajbisovicha. 4-e izd., pererab. i dop. [Handbook on the design of electrical networks; edited by D.L. Faibisovich. 4th ed., revised and enlarged]. Moscow: ENAS; 2012. 376 p. (In Russ.).
10. Litij-ionnye baterai i sistemy nakopleniya energii [Lithium-ion batteries and energy storage systems]. ООО "RENERA" – отраслевой интегратор в области систем накопления электроэнергии [ООО "RENERA" is an industry integrator in the field of energy storage systems]. URL: <https://www.renera.ru/>. (In Russ.).
11. Colthorpe A. Energy Vault asks investors to bet on pre-commercial gravity storage tech ahead of NYSE listing. *Energy Storage News*. URL: <https://www.energy-storage.news/energy-vault-asks-investors-to-bet-on-pre-commercial-gravity-storage-tech-ahead-of-nyse-listing/>.

### Информация об авторах

Е.А. Извеков – кандидат технических наук, доцент кафедры электротехники и автоматики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [izvek@yandex.ru](mailto:izvek@yandex.ru).  
В.В. Картавцев – кандидат технических наук, доцент кафедры электротехники и автоматики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [kartavtsev955@mail.ru](mailto:kartavtsev955@mail.ru).

### Information about the authors

E.A. Izvekov, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Electrical Engineering and Automation, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [izvek@yandex.ru](mailto:izvek@yandex.ru).  
V.V. Kartavtsev, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Electrical Engineering and Automation, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [kartavtsev955@mail.ru](mailto:kartavtsev955@mail.ru).

Статья поступила в редакцию 24.02.2022; одобрена после рецензирования 21.04.2022; принята к публикации 12.05.2022.

The article was submitted 24.02.2022; approved after revision 21.04.2022; accepted for publication 12.05.2022.

© Извеков Е.А., Картавцев В.В., 2022



## ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 621.311

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2022\_2\_64

### Разработка электрической схемы подключения системы накопления энергии к воздушной линии 0,38 кВ

Евгений Александрович Извеков<sup>1✉</sup>, Игорь Вячеславович Лакомов<sup>2</sup>,  
Сергей Николаевич Сазонов<sup>3</sup>

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

<sup>3</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, Тамбов, Россия

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

**Аннотация.** Современное развитие системы электроснабжения потребителей неразрывно связано с применением систем накопления энергии (СНЭ). Возможны различные варианты применения таких систем, одним из которых является использование для резервирования социально значимых объектов в сельской местности, характеризующейся низким уровнем надежности электроснабжения. Сетевые организации обычно решают вопрос обеспечения резервного источника питания таких потребителей с помощью строительства второй, резервной, линии электропередачи либо с помощью дизель-генераторов. Альтернативным вариантом решения является применение накопителя энергии в качестве резервного источника питания. Рассмотрены варианты резервирования питания, применяемые сетевыми организациями для повышения надежности электроснабжения социально значимых объектов в сельской местности, их недостатки. Предложен альтернативный вариант резервирования питания с применением СНЭ. Разработана электрическая схема подключения СНЭ на параллельную работу к воздушной линии 0,38 кВ. Описаны: элементный состав предложенной электрической схемы, распределительного щита, контейнера системы накопления энергии; варианты и режимы работы предложенной электрической схемы при питании потребителя только от ВЛ 0,38 кВ, от ВЛ 0,38 кВ с подпиткой от СНЭ, только от СНЭ и в режиме зарядки батареи. Предложены мероприятия по защите схемы от токов короткого замыкания и перегрузки. Установлено, что применение системы накопления энергии, подключенной к ВЛ 0,38 кВ по представленной схеме, является реальной альтернативой строительства дополнительной линии электропередачи или применения дизель-генератора в качестве резервного источника питания социально значимого потребителя, расположенного в сельской местности. Также установлено, что применение систем накопления энергии в сельских распределительных сетях открывает новые возможности повышения надежности и качества управления режимами, а также улучшения технико-экономических показателей их функционирования.

**Ключевые слова:** электрическая схема, электрическая сеть, система накопления электрической энергии (СНЭ), воздушная линия (ВЛ), режим работы, резервное питание

**Для цитирования:** Извеков Е.А., Лакомов И.В., Сазонов С.Н. Разработка электрической схемы подключения системы накопления энергии к воздушной линии 0,38 кВ // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 2 (73). С. 64–70. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_2\\_64-70](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_64-70).

## ELECTROTECHNOLOGIES AND ELECTRIC EQUIPMENT IN AGRICULTURE (ENGINEERING SCIENCES)

Original article

### Electrical circuit design for coupling an energy storage system to a 0.38 kV overhead line

Evgeniy A. Izvekov<sup>1✉</sup>, Irog V. Lakomov<sup>2</sup>, Sergey N. Sazonov<sup>3</sup>

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

<sup>3</sup>All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, Russia

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

**Abstract.** Modern development of the power supply system for consumers is inextricably linked with the use of electric energy storage systems (EESS). Various applications of such systems are possible, one of which is the use for reserving socially significant objects in rural areas due to low level of reliability of power supply. Network organizations usually solve the issue of providing reserve power source for such consumers by building a second, reserve power transmission line, or using diesel generators. An alternative solution is to use an energy storage device as reserve power source. The authors considered options of power reservation used by network organizations to improve the reliability of power supply to socially significant objects in rural areas, their disadvantages; proposed an alternative option of power reserve with the use of EESS; developed an electrical

circuit for connecting a EESS for parallel operation to an overhead line of 0.38 kV; described: elemental composition of the proposed electrical circuit, a switchboard, and an energy storage system container, patterns and modes of operation of the proposed electrical circuit when the consumer is supplied only from the 0.38 kV overhead line, from the 0.38 kV overhead line with injection from EESS, only from EESS, and in battery charging mode. Measures to protect the circuit from short-circuit and overload currents are proposed. It is established that the use of an energy storage system connected to a 0.38 kV overhead line according to the presented scheme is a real alternative to the construction of an additional power transmission line or the use of a diesel generator as a backup reserve power source for a socially significant consumer located in rural areas. It is also established that the use of energy storage systems in rural distribution networks opens up new opportunities to improve the reliability and quality of regime management, as well as technical and economic indicators of their functioning.

**Keywords:** electrical diagram, electric network, electric energy storage system (EESS), operating mode, reserve power

**For citation:** Izvekov E.A., Lakomov I.V., Sazonov S.N. Electrical circuit design for coupling an energy storage system to a 0.38 kV overhead line. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15 (2):64-70. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_2\\_64-70](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_64-70).

Современное развитие системы электроснабжения потребителей неразрывно связано с применением систем накопления энергии (СНЭ) [3, 4], при этом возможны самые различные варианты применения таких систем [5, 7, 8], одним из них является использование для резервирования социально значимых объектов в сельской местности, характеризующейся низким уровнем надежности электроснабжения. Социально значимыми объектами являются учреждения, которые не относятся к I или II категории надежности, но которые нуждаются в обеспечении дополнительным резервным источником питания [1]. Это, например, школы, сельские медицинские учреждения, избирательные участки, детские сады.

Сетевые организации обычно решают вопрос обеспечения резервного источника питания таких потребителей с помощью строительства второй, резервной линии электропередачи, либо с помощью дизель-генераторов. Зачастую строительство второй линии очень затратно, а дизель-генератор – это производство электроэнергии, требующее первичного ресурса – топлива, что тоже недешево, а также неэкологично [9, 10].

Одним из вариантов решения этой проблемы является применение накопителя энергии в качестве резервного источника питания. Накопитель в ночные часы будет потреблять электроэнергию из сети, а в дневные при отключении основного питания отдавать. В итоге количество электроэнергии на счетчике у потребителя останется неизменным, и сетевая организация не понесет никаких дополнительных затрат [6].

Ниже на рисунке представлен разработанный вариант электрической схемы подключения СНЭ на параллельную работу к ВЛ 0,38 кВ, предназначенный для резервного питания социально значимого потребителя в сельской местности.

Схема состоит из:

- распределительного щита DQ1N, устанавливаемого на ближайшей к потребителю опоре в непосредственной близости от существующего шкафа учета;
- комплектного контейнера СНЭ, устанавливаемого на некотором отдалении от опоры, в месте, доступном для свободного подъезда и подхода для проведения беспрепятственного технического обслуживания и ремонта СНЭ.

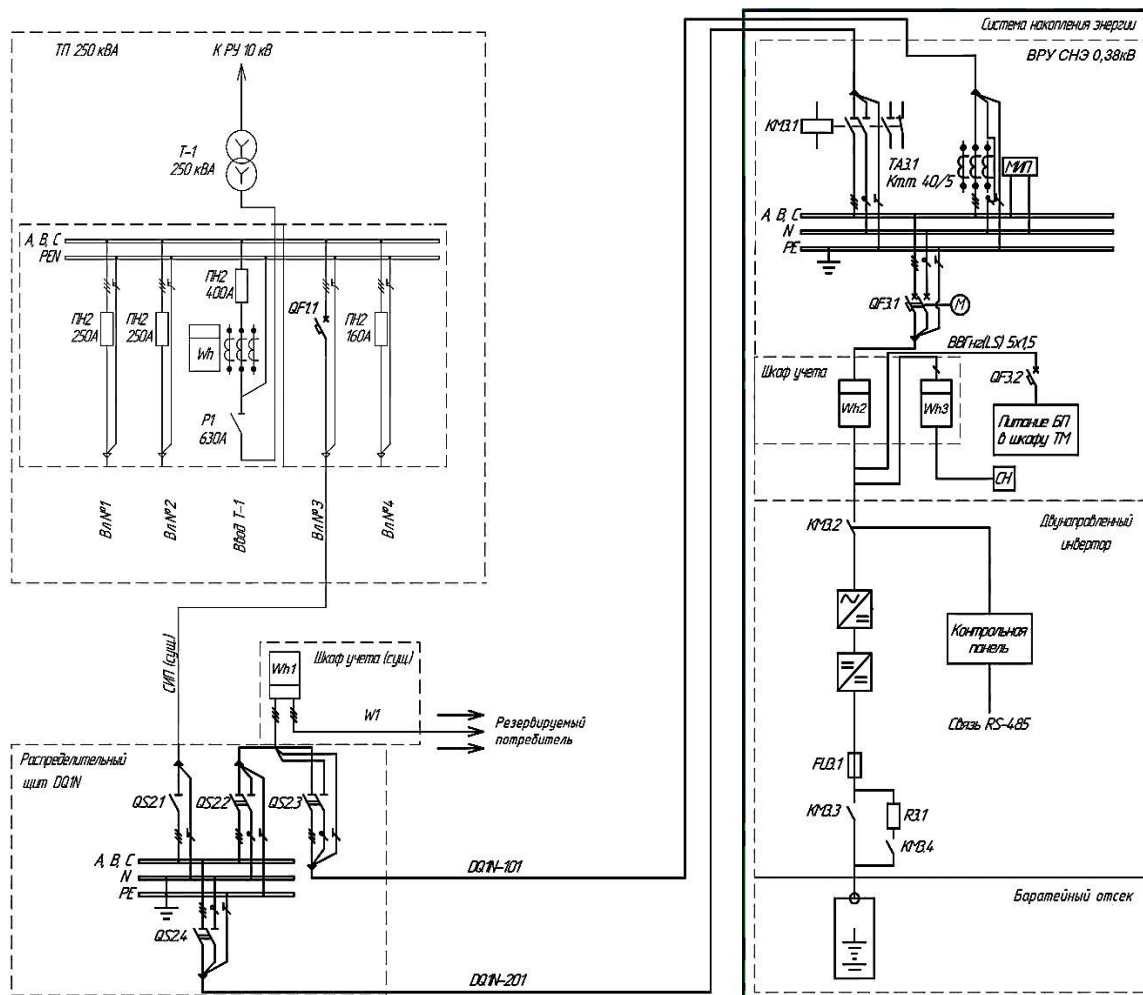
Существующий спуск от магистрального провода типа СИП-2 заводится в распределительный щит DQ1N, устанавливаемый на существующую опору. Подключается СНЭ к распределительному щиту (РЩ) двумя кабельными линиями ~380 В через развилку выключателей нагрузки.

Для обеспечения требований быстрodeйствия, чувствительности, надежности и селективности защиты в соответствующий фидер ТП устанавливается трехполюсный автоматический выключатель с электронным расцепителем QF1.1.

В распределительном щите DQ1N установлены четыре выключателя нагрузки QS2.1, QS2.2, QS2.3 и QS2.4, предназначенные для ручного (силами оперативного персонала) включения/отключения СНЭ.

Коммутация выключателей позволяет переводить схему в один из следующих вариантов работы:

- 1) потребитель подключен только к ВЛ 0,38;
- 2) потребитель одновременно подключен к ВЛ 0,38 кВ и к системе накопления энергии (СНЭ).



Электрическая схема подключения СНЭ

Для приведения схемы в первый вариант работы необходимо включить выключатели QS2.1, QS2.2 и отключить выключатели QS2.3 и QS2.4. При этом СНЭ будет отключена, а питание потребителя будет осуществляться от ВЛ 0,38 кВ. Этот вариант используется в ремонтном режиме (при работе в этом режиме осуществляется ремонт и техническое обслуживание СНЭ).

Для приведения схемы во второй вариант работы необходимо включить выключатели QS2.1, QS2.3, QS2.4 и отключить выключатель QS2.2. При этом СНЭ будет включена в работу, питание потребителя будет осуществляться как от ВЛ 0,38 кВ, так и (при необходимости) от СНЭ. Этот режим следует рассматривать как основной рабочий, когда СНЭ выполняет свои основные функции по поддержанию качественного и бесперебойного электроснабжения резервируемого потребителя.

К распределительному щиту DQ1N подключены четыре линии электропередач: питающая ВЛ 0,38 кВ, выполненная проводом СИП-2 3хXX+1хXX, две кабельные линии DQ1N-101 и DQ1N-201, соединяющие распределительный щит с СНЭ, линия W1, питающая через шкаф учета, выполненная проводом СИП-2 4хXX+1хXX.

В состав контейнера системы накопления энергии входит:

- вводно-распределительное устройство ВРУ СНЭ 0,38 кВ;
- двунаправленный инвертор;
- батарейный кабинет;
- шкаф телеметрии.

Вводно-распределительное устройство предназначено для приема электроэнергии от питающей ВЛ 0,38 кВ и выдачи мощности СНЭ потребителю. В состав устройства входят шины А, В, С, N, РЕ, контактор КМ3.1, три трансформатора тока ТА3.1 с коэффициентом трансформации 40/5, предназначенные для подключения многофункционального измерительного преобразователя МИП, автоматический выключатель с моторным приводом QF3.1, шкаф учета с двумя счетчиками электроэнергии Wh2 и Wh3. Для учета электроэнергии, потребляемой СНЭ, в шкафу учета устанавливается микропроцессорный счетчик прямого включения Меркурий 236 ART-01 PQRS, а для учета электроэнергии, потребляемой системой собственных нужд, – микропроцессорный счетчик прямого включения Меркурий 203.2Т RBO, измеряющий активную, реактивную электроэнергию и мощность в одном направлении.

Двунаправленный инвертор включает в себя непосредственно инверторно-выпрямительное электронное устройство, выполненное на силовых IGBT транзисторах, устройство DC/DC преобразования, контакторы КМ3.2, КМ3.3, КМ3.4, резистор ограничения тока заряда батареи R3.1, предохранитель FU3.1, предназначенный для защиты батареи от токов короткого замыкания, контрольную панель для контроля и программирования режимов и параметров работы инвертора.

Батарейный отсек представляет собой отдельное помещение, в котором расположена литий-ионная аккумуляторная батарея.

В шкафу телемеханики размещается программно-технический комплекс системы телемеханики (ТМ), включающий в себя контроллеры сбора, обработки, хранения и передачи сигналов телеуправления и телеизмерения, а также кабельные связи, измерительные преобразователи и модули контроля состояния и управления оборудованием.

Для защиты цепей инверторно-выпрямительного преобразователя, цепей шкафа учета и цепей собственных нужд от токов короткого замыкания и перегрузки предназначен автоматический выключатель QF3.1, для защиты аккумуляторной батареи от токов короткого замыкания – предохранитель FU3.1.

Для работы контейнера СНЭ требуются расходы на собственные нужды, а именно – на освещение, отопление и вентиляцию контейнера. Учет электроэнергии, потребленной на собственные нужды, осуществляется счетчиком Wh3.

Схема предусматривает четыре режима работы:

- 1) питание потребителя только от ВЛ 0,38 кВ;
- 2) совместный режим питания потребителя от ВЛ 0,38 кВ с подпиткой от СНЭ;
- 3) питание потребителя от СНЭ;
- 4) режим зарядки батареи.

В первом режиме работы электроэнергия от питающей ВЛ 0,38 кВ через включенные выключатели QS2.1, QS2.2 попадает в шкаф учета, проходит через счетчик электроэнергии Wh1, линию электропередач W1 и далее поступает к потребителю. В этом режиме СНЭ отключена выключателями QS2.3, QS2.4. Так как питание потребителя осуществляется только от ВЛ 0,38 кВ, этот режим является ремонтным (при работе в этом режиме проводится ремонт и техническое обслуживание СНЭ). Включение этого режима производится вручную силами оперативного персонала путем коммутации выключателей в распределительном щите.

Второй режим является нормальным режимом работы системы. Электроэнергия поступает к потребителю от питающей ВЛ 0,38 кВ через выключатели QS2.1, QS2.4, кабельную линию DQ1N-201, контактор КМ3.1, шины ВРУ СНЭ 0,38 кВ, кабельную линию DQ1N-101, выключатель QS2.3, попадает в шкаф учета, проходит через счетчик электроэнергии Wh1, линию электропередач W1 и далее поступает к потребителю.

На шинах ВРУ СНЭ 0,38 кВ с помощью многофункционального измерительного преобразователя МИП происходит оценка качественных показателей электроэнергии. В случае отклонения показателей качества электроэнергии от значений, установленных стандартом, контроллер управления подает сигнал на включение контактора КМ3.2, и в работу включается инверторно-выпрямительный преобразователь с аккумуляторной батареей.

Энергия от аккумуляторной батареи подпитывает потребителя, проходя при этом путь от батареи через включенный контактор КМ3.3, устройство DC/DC, непосредственно инвертор, контактор КМ3.2, счетчик Wh2, автоматический выключатель QF3.1 и далее на шины ВРУ СНЭ 0,38 кВ. За счет подпитки энергией от аккумуляторной батареи показатели качества электроэнергии на шинах ВРУ СНЭ 0,38 кВ восстанавливаются до нормативных значений.

На шинах ВРУ СНЭ 0,38 кВ происходит объединение потоков мощности от питающей ВЛ 0,38 кВ и подпитывающего потока, сгенерированного СНЭ. Объединенный поток мощности поступает по кабельной линии DQ1N-101, выключатель QS2.3, через счетчик электроэнергии Wh1, линию электропередач W1 к потребителю. В этом режиме инверторно-выпрямительный преобразователь и аккумуляторная батарея работают периодически, по необходимости, при отклонении качества напряжения у потребителя от нормативных значений [2]. Если качество напряжения в норме, то контроллер отключает контактор КМ3.2, при этом питание потребителя осуществляется только от ВЛ 0,38 кВ, а преобразователь переходит в режим мониторинга сети.

В случае отключения системы от питающей линии ВЛ 0,38 кВ вследствие аварии, ремонта на ВЛ или иных причин, схема переходит в третий режим – режим питания потребителя только от СНЭ. При этом отключается контактор КМ3.1, а инверторно-выпрямительный преобразователь включается на полную мощность, и энергия аккумуляторной батареи через включенный контактор КМ3.3, устройство DC/DC, инвертор, контактор КМ3.2, счетчик Wh2, автоматический выключатель QF3.1, шины ВРУ СНЭ 0,38 кВ, кабельную линию DQ1N-101, выключатель QS2.3, через счетчик электроэнергии Wh1 и линию электропередач W1 поступает к потребителю. При появлении напряжения в кабельной линии DQ1N-201 срабатывает датчик напряжения, контроллер замыкает контактор КМ3.1, тем самым возвращая схему во второй режим работы – режим питания потребителя от ВЛ 0,38 кВ с подпиткой от СНЭ.

Во втором режиме работы схемы, при условии высокого качества электроэнергии, поступающей от питающей ВЛ 0,38 кВ, то есть при отсутствии необходимости подпитки потребителя от батареи, контроллер может перевести схему в четвертый режим работы – режим зарядки батареи. В этом случае питание потребителя сохраняется по описанной выше схеме, а инверторно-выпрямительный преобразователь переходит в режим выпрямления поступающего из сети тока. При этом электроэнергия от шин ВРУ СНЭ 0,38 кВ через автоматический выключатель QF3.1, счетчик Wh2, контактор КМ3.2, выпрямитель, устройство преобразования DC/DC, резистор ограничения зарядного тока R3.1, контактор КМ3.4 поступает в аккумуляторную батарею, где происходит ее преобразование в химическую энергию заряда батареи. Контроллер может быть запрограммирован на включение данного режима в определенное время суток, например в ночные часы, когда стоимость электроэнергии минимальна.

### Выводы

Применение СНЭ, подключенной к ВЛ 0,38 кВ по представленной схеме, является реальной альтернативой строительства дополнительной линии электропередачи или применения дизель-генератора в качестве резервного источника питания социально значимого потребителя, находящегося в сельской местности.

Применение СНЭ в сельских распределительных сетях открывает новые возможности повышения надежности и качества управления режимами, а также улучшения технико-экономических показателей их функционирования, что хорошо согласуется с современными потребностями развития энергетической отрасли в рамках реализации концепции Smart Grid (интеллектуальные сети электроснабжения), подразумевающей внедрение технологий и оборудования, позволяющего автоматически повышать эффективность, надежность, экономичность, а также устойчивость производства, распределения и потребления электроэнергии.

---

---

### Список источников

1. Герасименко А.А., Федин В.Т. Передача и распределение электрической энергии. 2-е изд. Ростов н/Д: Феникс, 2008. 720 с.
2. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Москва: Стандартинформ, 2014. 16 с.
3. ГОСТ Р 58092.3.1-2020. Системы накопления электрической энергии (СНЭЭ). Проектирование и оценка рабочих параметров. Общие требования. Москва: Стандартинформ, 2020. 39 с.
4. Гужавина В.В., Мельников В.Д. Мировой опыт применения систем накопления энергии в электрических сетях среднего класса напряжения [Электронный ресурс] // Технологическая инженеринговая компания ООО «Системы накопления энергии». 04 июня 2018. URL: <http://estorsys.ru/publikatsii/113-mirovoj-opyt-primeneniya-sistem-nakopleniya-energiya-v-elektricheskikh-setyakh-srednego-klassa-napryazheniya> (дата обращения: 12.11.2021).
5. Извеков Е.А., Дерканосова Н.М. Обоснование режимов работы систем накопления энергии // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе: материалы международной научно-практической конференции. Ч. I. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. С. 385–392.
6. Извеков Е.А., Помогаев Ю.М. Анализ влияния режима электропотребления на снижение потерь электроэнергии в электрической сети с накопителем энергии // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т. 12, № 2(61). С. 92–101.
7. Литий-ионные батареи и системы накопления энергии [Электронный ресурс] // ООО «РЭНЕРА» – отраслевой интегратор в области систем накопления электроэнергии. URL: <https://www.renera.ru/> (дата обращения: 12.11.2021).
8. Системы Накопления Энергии, технологическая инженеринговая компания [Электронный ресурс] // Технологическая инженеринговая компания ООО «Системы накопления энергии». URL: <http://estorsys.ru/> (дата обращения: 12.11.2021).
9. Colthorpe A. Energy Vault asks investors to bet on pre-commercial gravity storage tech ahead of NYSE listing // Energy Storage News. URL: <https://www.energy-storage.news/energy-vault-asks-investors-to-bet-on-pre-commercial-gravity-storage-tech-ahead-of-nyse-listing/>.
10. DOE Global Energy Storage Database. Information on grid-connected energy storage projects and relevant state and federal policies // DataGov. November 10, 2020. URL: <https://catalog.data.gov/dataset/doe-global-energy-storage-database>.

## References

1. Gerasimenko A.A. Peredacha i raspredelenie elektricheskoy energii. 2-e izd. [Transmission and distribution of electric energy. 2<sup>nd</sup> ed.] Rostov-on-Don: Phoenix; 2008. 720 p. (In Russ.).
2. GOST 32144-2013. Elektricheskaya energiya. Sovmestimost' tekhnicheskikh sredstv elektromagnitnaya. Normy kachestva elektricheskoy energii v sistemakh elektrosnabzheniya obshchego naznacheniya [Electric energy. Electromagnetic compatibility of technical equipment. Power quality limits in the public power supply systems]. Moscow: Standartinform; 2014. 16 p. (In Russ.).
3. GOST R 58092.3.1-2020. Sistemy nakopleniya elektricheskoy energii (SNEE). Proek-tirovanie i otsenka rabochikh parametrov. Obshchie trebovaniya [Electric energy storage systems (EESS). Planning and performance assessment. General requirements]. Moscow: Standartinform; 2020. 39 p. (In Russ.).
4. Guzhavina V.V., Mel'nikov V.D. Mirovoj opyt primeneniya sistem nakopleniya energii v elektricheskikh setyakh srednego klassa napryazheniya [World experience in the application of energy storage systems in electric networks of medium voltage class]. Tekhnologicheskaya inzhiniringovaya kompaniya OOO "Sistemy nakopleniya energii" [Technological engineering company OOO "Sistemy Nakopleniya Energii"]. 04 June, 2018. URL: <http://estorsys.ru/publikatsii/113-mirovoj-opyt-primeneniya-sistem-nakopleniya-energiya-v-elektricheskikh-setyakh-srednego-klassa-napryazheniya>. (In Russ.).
5. Izvekov E.A., Derkanosova N.M. Obosnovanie rezhimov raboty sistem nakopleniya energii [Justification of operating modes of energy storage systems]. Energoeffektivnost' i energosberezhenie v sovremennom proizvodstve i obshchestve. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Chast' I [Energy efficiency and Energy Saving in Modern Production and Society: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Part I]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2021:385-392. (In Russ.).
6. Izvekov E.A., Pomogaev Yu.M. Analiz vliyaniya rezhima elektropotrebleniya na snizhenie poter' elektroenergii v elektricheskoy seti s nakopitelem energii [Analysis of the impact of electric power consumption patterns on reducing the electric power losses in the electric network with a power storage unit]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2019;12(2):92-101. (In Russ.).
7. Litij-ionnye batarei i sistemy nakopleniya energii [Lithium-ion batteries and energy storage systems]. OOO "RENERA" – otraslevoj integrator v oblasti sistem nakopleniya elektroenergii [OOO "RENERA" is an industry integrator in the field of energy storage systems]. URL: <https://www.renera.ru/>. (In Russ.).
8. Sistemy Nakopleniya Energii, tekhnologicheskaya inzhiniringovaya kompaniya [Energy Storage Systems, technological engineering company]. Tekhnologicheskaya inzhiniringovaya kompaniya OOO "Sistemy nakopleniya energii" [Technological engineering company OOO "Sistemy Nakopleniya Energii"]. URL: <http://estorsys.ru/>. (In Russ.).
9. Colthorpe A. Energy Vault asks investors to bet on pre-commercial gravity storage tech ahead of NYSE listing. *Energy Storage News*. URL: <https://www.energy-storage.news/energy-vault-asks-investors-to-bet-on-pre-commercial-gravity-storage-tech-ahead-of-nyse-listing/>.
10. DOE Global Energy Storage Database. Information on grid-connected energy storage projects and relevant state and federal policies. *DataGov*. November 10, 2020. URL: <https://catalog.data.gov/dataset/doe-global-energy-storage-database>.

## Информация об авторах

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

И.В. Лакомов – кандидат технических наук, доцент кафедры электротехники и автоматики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [lakomov1960@ya.ru](mailto:lakomov1960@ya.ru).

С.Н. Сазонов – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», [snsazon@mail.ru](mailto:snsazon@mail.ru).

## Information about the authors

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

I.V. Lakomov, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Electrical Engineering and Automation, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [lakomov1960@ya.ru](mailto:lakomov1960@ya.ru).

S.N. Sazonov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Chief Researcher, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, [snsazon@mail.ru](mailto:snsazon@mail.ru).

Статья поступила в редакцию 24.02.2022; одобрена после рецензирования 20.04.2022; принята к публикации 16.05.2022.

The article was submitted 24.02.2022; approved after revision 20.04.2022; accepted for publication 16.05.2022.

© Извеков Е.А., Лакомов И.В., Сазонов С.Н., 2022

МЕЛИОРАЦИЯ, РЕКУЛЬТИВАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ  
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 631.87:631.95

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2022\_2\_71

Биоремедиация донных отложений рек  
как способ повышения плодородия почвАндрей Анатольевич Коровин<sup>1</sup>, Тамара Георгиевна Зеленская<sup>2</sup>, Елена Евгеньевна Степаненко<sup>3</sup>,  
Светлана Васильевна Окрут<sup>4</sup>, Николай Юрьевич Хасай<sup>5✉</sup><sup>1, 2, 3, 4, 5</sup>Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия<sup>5</sup>nik.khasay.stgau@mail.ru✉

**Аннотация.** Донные отложения рек издревле считались лучшим видом удобрений для повышения урожайности и восстановления плодородия почв. Однако длительное техногенное воздействие привело к деградации поверхностных водных объектов, донные отложения которых стали своеобразным аккумулятором загрязняющих веществ. Извлекаемые во время противопаводковых мероприятий и расчистки русел рек донные отложения не могут быть направлены на восстановление плодородия земель сельскохозяйственного назначения ввиду загрязненности нефтепродуктами и тяжелыми металлами. Высокая стоимость предлагаемых физико-химических методов очистки делает процесс нерентабельным, а плодородие донных отложений после их применения не подлежит восстановлению в течение длительного срока. Исследование показало, что донные отложения средней степной реки Калаус загрязнены азотными, фосфатными соединениями, нефтепродуктами и тяжелыми металлами. Вермикомпостирование позволило спустя 14 суток снизить содержание загрязняющих веществ на 50–55%. Добавление легко перерабатываемых червями органических отходов ускоряет процесс очищения субстрата от загрязнителей. Переработанный грунт может быть использован для выравнивания естественных и искусственных складок рельефа местности (овраги, старые карьеры), что также послужит стабилизации эрозионных процессов, восстановлению качества почв и развитию популяции почвенных беспозвоночных. Вермиремедиация донных отложений отличается эффективностью, низкой себестоимостью, снимает проблему захоронения донных отложений, извлеченных при проведении работ по расчистке русел рек и углублению дна поверхностных водных объектов, превращая токсичные отходы в важный для экологии и сельского хозяйства субстрат. Полученный биогурус можно направлять на восстановление и повышение плодородия почв.

**Ключевые слова:** донные отложения, биоремедиация, вермиремедиация, черви, плодородие почв

**Для цитирования:** Коровин А.А., Зеленская Т.Г., Степаненко Е.Е., Окрут С.В., Хасай Н.Ю. Биоремедиация донных отложений рек как способ повышения плодородия почв // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 2(73). С. 71–78. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_2\\_71](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_71).

LAND MELIORATION, RECULTIVATION AND  
LAND CONSERVATION (AGRICULTURAL SCIENCES)

Original article

## Bioremediation of river bottom sediments as a way of increasing soil fertility

Andrey A. Korovin<sup>1</sup>, Tamara G. Zelenskaya<sup>2</sup>, Elena E. Stepanenko<sup>3</sup>,  
Svetlana V. Okrut<sup>4</sup>, Nikolay Yu. Khasay<sup>5✉</sup><sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia<sup>5</sup>nik.khasay.stgau@mail.ru✉

**Abstract.** Since ancient times, river bottom sediments have been considered the best type of fertilizer to increase crop yields and restore soil fertility. However, long-term technogenic impact has led to the degradation of surface water bodies, in which river bottom sediments have become a kind of accumulator of pollutants. Sediments removed during flood control measures and river bed clearing cannot be used to restore the fertility of agricultural lands due to contamination with oil products and heavy metals. The high cost of the proposed physical and chemical purification methods makes the process unprofitable, and the fertility of river bottom sediments after their application cannot be restored for a long time. Research showed that river bottom sediments of the middle steppe Kalaus River are contaminated with nitrogen, phosphate compounds, oil products and heavy metals. Vermicomposting made it possible to reduce the content of pollutants by 50-55% after 14 days. The addition of organic waste easily processed by worms speeds up the process of substrate purification from contaminants. The processed soil can be used to level the natural and artificial terrain folds (ravines, old quarries, etc.), which will also serve to stabilize the erosion



processes, restore soil quality and develop the population of soil invertebrates. Vermiremediation of fluvial sediments is effective, has low cost, and eliminates the problem of burying river bottom sediments extracted during river bed clearing and dredging of surface water bodies, turning toxic waste into an important substrate for ecology and agriculture. The resulting biohumus can be used to restore and improve soil fertility.

**Key words:** river bottom sediments, bioremediation, worms, vermiremediation, soil fertility

**For citation:** Korovin A.A., Zelenskaya T.G., Stepanenko E.E., Okrut S.V., Khasay N.Yu. Bioremediation of river bottom sediments as a way of increasing soil fertility. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(2):71-78. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_2\\_71-78](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_71-78).

## **В**ведение

Донные отложения рек исторически считались лучшими удобрениями для повышения урожайности и восстановления плодородия почв. Нередко судьба цивилизаций зависела от стабильности гидрологического режима рек и состояния аллювиальных (пойменных) почв, которые обладают более высоким потенциалом плодородия [2, 8, 9, 12]. Однако длительное бесконтрольное использование экологически небезопасных технологий производства, в том числе агрохимикатов, привело к значительному загрязнению поверхностных водных объектов, донных отложений и почв [1, 3, 5, 6, 10]. Из хозяйственного оборота выведены значительные территории, загрязненные нефтепродуктами и тяжелыми металлами [4]. Бесконтрольное применение удобрений и ядохимикатов не только привело к снижению плодородия почвы, но и способствовало угнетению ее естественных восстановительных функций.

Разработанные и используемые для восстановления плодородия почв препараты широкого спектра действия, содержащие микрофлору (микробиологические концентраты серии ЭМ – и эффективные микроорганизмы – Байкал ЭМ-1, Тамир и др.), не получили широкого применения по причине высокой стоимости и недостаточной эффективности. При этом необходимо учесть, что в почве микроорганизмы образуют сложный биоценоз. Одни из них успешно сосуществуют, а другие являются антагонистами, поэтому простое внесение микробиологических препаратов в субстраты не всегда дает ожидаемый результат.

Как показала практика, применяемые физико-химические методы повышения плодородия и очистки почв от загрязнителей весьма дорогостоящи и малоэффективны [7, 13].

В настоящее время контроль за антропогенным воздействием способствует замедлению процессов деградации, но не позволяет надеяться на полное восстановление окружающей среды ввиду значительного кумулятивного воздействия загрязняющих веществ.

Причина сложившейся ситуации заключается в том, что сама природа, ее мощный восстановительный потенциал нередко исключены из технологии возрождения, а именно из круговорота минеральных и органических веществ.

Ставропольский край является одним из высокоразвитых аграрных регионов Российской Федерации, при этом он входит в пятерку наиболее паводкоопасных регионов страны. Для предотвращения подтоплений и наводнений в крае постоянно ведутся работы по очистке русел рек, сопровождающиеся выемкой значительного количества донного грунта – исторически важного элемента для восстановления плодородия почв сельскохозяйственного назначения.

Однако попадающие с дождевыми, талыми и сточными водами удобрения, ядохимикаты, нефтепродукты, отходы производства и потребления приводят к высокой загрязненности вод поверхностных водных объектов и донных отложений.

Вместе с этим широко известные технологии биологической очистки от загрязняющих веществ до настоящего времени не получили широкого практического применения, несмотря на низкую себестоимость и высокую результативность [11, 14, 15, 16, 17].

Продолжается поиск путей интенсификации методов биологической очистки загрязненных субстратов за счет использования комплекса технологий, включающих в себя сочетание агротехнических способов снижения первоначальных концентраций загрязнителей путем окисления, разбавления и т.д., а также добавления почвенных беспозвоночных и органического материала для их подкормки.

Вермиремедиация – это одна из форм биоремедиации, развивающаяся технология, которая использует дождевых червей для восстановления органически и химически загрязненных почв и постепенно привлекает внимание исследователей. Технология вермиремедиации может быть охарактеризована как экологически чистая и эффективная. Дождевые черви являются оптимальным вариантом, т.к. в результате жизнедеятельности обеспечивают аэрацию, разрыхление субстрата, выделяют биологически активные вещества, способствующие эффективной работе микроорганизмов. Данный симбиоз благоприятствует выживанию обоих видов.

Основное внимание ученых направлено на разработку способов биоремедиации загрязненных нефтью и нефтепродуктами земель. Затем следуют работы по биоремедиации сточных вод и иловых отложений, образующихся в результате деятельности очистных сооружений. Однако мы не увидели работ по теме биоремедиации и возвращению в хозяйственный оборот донных отложений.

**Целью исследования** явилось изучение загрязненности донных отложений средней степной реки Калаус, протекающей по территории Ставропольского края, до и после вермиремедиации, в условиях эксперимента для их возможного применения для повышения плодородия почв сельскохозяйственного назначения.

#### **Материалы и методы исследования**

Было изучено содержание загрязняющих веществ в донных отложениях средней степной реки Калаус, которая протекает по территории Ставропольского края и используется как транзитно-сбросный тракт и источник водоснабжения для нескольких муниципальных образований края. Питание реки смешанное: родниковое, снеговое, дождевое, превышение весеннего половодья над меженью – до 2,6 м. Это самая мутная река в крае и третья по мутности река в России, относится к категории средних степных рек. Общая длина – 436 км, ширина русла – 40–50 м, глубина – до 2,5 м, скорость течения – 1–2 м/с. Среднегодовой расход реки в среднем течении (г. Светлоград) составляет 4,5 м<sup>3</sup> /сек, годовой объем стока при расчетной обеспеченности 75% – 0,089 км<sup>3</sup>, имеет 81 приток с общей протяженностью 936 км, водосборная площадь – 9700 км<sup>2</sup>, ширина долины – 50–100 м. Берега крутые, обрывистые, пораженные гравитационными процессами.

Наблюдения выполнены в 2016–2020 гг. на 3 стационарных гидрохимических створах – в верхнем, среднем и нижнем течении реки (створы 1, 2 и 3).

Исследования донных отложений проводились в соответствии с требованиями по ведению государственного мониторинга (РД 52.24.609-99, РД 52.24.609-2013 «Организация и проведение наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях»).

Пробы донных отложений отбирались ежегодно в июле-августе однократно из верхнего слоя без проходки копушей. Для аналитического контроля формировались смешанные из 3–5 точек пробы поперечного профиля из прибрежных зон и центра водотока. Сушка проб, измельчение ссохшегося материала и его просеивание проводились в лабораторных условиях в процессе приготовления вытяжки.

Образцы донных отложений без дополнительной обработки использовались в качестве места жизнедеятельности дождевых червей *E. fedita*. Червь *E. fedita* является аборигеном, холодоустойчив, неприхотлив в питании, хорошо приживается, способен перерабатывать птичий помет, навоз, опад листвы, пищевые отходы. Иные способы биоремедиации донных отложений не применялись.

Методы определения гидрохимических показателей, использованные при выполнении аналитического контроля состояния донных отложений, показаны в таблице 1.

**Таблица 1. Используемые методики для определения химического состава донных отложений**

Компонент	Условия отбора и хранения	Метод (нормативный документ)
Сухой остаток	Без консервации	ПНД Ф 16.2.2.2.3:3.32-02*
Азот аммонийный	Без консервации	ПНД Ф 16.2.2.2.3:3.30-02
Азот нитритный	Без консервации	ПНД Ф 16.1:2.2.2:3.51-08
Азот нитратный	Без консервации	ПНД Ф 16.1:2.2.2:3.67-10
Фосфаты	Без консервации	ПНД Ф 16.1:2.2.2:3.52-08
Нефтепродукты	Без консервации	ФР.1.31.2011.11314**
Марганец	Без консервации	ФР.1.31.2011.10141
Медь	Без консервации	ФР.1.31.2011.10141
Свинец	Без консервации	ФР.1.31.2011.10141
Цинк	Без консервации	ФР.1.31.2011.10141

Примечание: \* – Природоохранные нормативные документы федеративные (ПНД Ф);

\*\* – Федеральный реестр аттестованных методик.

Время проведения исследований составило 2 месяца. Черви содержались при температуре +20...+22 °С в открытых лотках, содержащих 1,5 кг донных отложений, которые увлажняли 2 раза в неделю. Оптимальные условия жизнедеятельности дождевых червей оценивали по скорости закапывания в субстрат.

Для изучения влияния органических отходов спустя 14 дней в часть лотков добавили опад листвы. Для сбора и предварительного измельчения листового опада использовался многофункциональный садовый пылесос-измельчитель марки TERO V100. Каждые 14 дней проводился поштучный подсчет червей.

Химический состав донных отложений во время эксперимента измерялся согласно вышеуказанным методам.

### Результаты и их обсуждение

Данные многолетних наблюдений свидетельствуют, что в донных отложениях р. Калаус в значительном количестве содержатся азотные, фосфатные соединения, нефтепродукты и тяжелые металлы (табл. 2).

**Таблица 2. Концентрации загрязняющих веществ в донных отложениях р. Калаус, мг/кг**

Год	2016			2017			2018*			2019			2020		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Сухой остаток	1202	2186	2394	2574	8220	4056	1410	2050	1900	1410	1990	1860	1380	1460	2510
Аммоний	33,72	95,98	55,35	139	256	138	112	268	143	89	214	110	28	26	142
Нитраты	4,77	26,38	12,57	2,84	19,8	6,12	3,5	5,9	19,6	4,3	2,42	10	2,9	10,7	23,9
Нитриты	0,63	1,78	0,44	1,10	0,35	0,38	0,35	0,39	0,69	0,7	0,63	0,32	0,2	0,26	0,52
Фосфаты	1,08	3,41	3,34	3,82	4,10	4,81	210	36	61	216	43	49	216	48	52
Нефтепродукты	64,92	127	66,29	67,96	138,8	66,05	44	66	45	42	64	46	47	58	43
Марганец	4,56	4,31	6,37	4,59	4,75	6,88	190	210	138	200	200	120	189	214	128
Медь	40,25	22,18	24,17	42,29	22,7	25,35	1,4	< 1	2,3	1,19	1	2,4	1,14	1,2	2,3
Свинец	9,96	11,16	4,29	8,45	11,79	4,30	8,5	22	16	8,4	21	15	8,5	11,2	15
Цинк	16,45	12,66	2,19	15,88	14,08	2,03	1,8	26,7	5,2	1,8	26,7	5,2	1,7	23,6	5,1

Примечание: \* – с учетом внесенных изменений в методики расчетов (по марганцу и фосфатам).

Как следует из данных, приведенных в таблице 2, наибольшее загрязнение донных отложений отмечено в среднем течении реки.

В верхнем течении реки (створ 1) наблюдались максимумы по фосфатам (216 мг/кг в 2019 и 2020 гг.).

В среднем течении реки (створ 2) зафиксированы максимальные для донных отложений показатели сухого остатка (8220 мг/кг в 2017 г.), аммония (268 мг/кг в 2018 г.), нитратов (26,38 мг/кг в 2016 г.), нитритов (1,78 мг/кг в 2016 г.), свинца (22 мг/кг в 2018 г.), цинка (26,7 мг/кг в 2019 г.) и нефтепродуктов (138,8 мг/кг в 2017 г.).

В нижнем течении реки (створ 3) отмечались высокие показатели по марганцу и фосфатам, но они не достигли значений, зарегистрированных в створах 1 и 2.

Так как содержание загрязняющих веществ в донных отложениях нормативными документами не регламентируется, качественно и количественно оценить выявленные концентрации загрязняющих веществ в донных отложениях реки Калаус не представляется возможным.

В ходе проведения экспериментов было отмечено, что дождевые черви *E. fetida* продемонстрировали достаточно высокую выживаемость в образцах донных отложений, быстро приспособились к почве, массовой гибели среди особей не наблюдалось на протяжении всего времени эксперимента. Черви активно перерабатывали субстрат. Спустя 14 дней содержание загрязняющих элементов уменьшилось на 50–55% и более (табл. 3).

Таблица 3. Концентрации загрязняющих веществ в донных отложениях р. Калаус спустя 14 дней от начала вермиремедиации, мг/кг

Год	2016			2017			2018*			2019			2020		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Сухой остаток	540,9	1036	1179	1158	3534	1994	713	1011	855	620	915	855	676	701	1204
Аммоний	16,19	47,86	26,57	63,94	125,4	62,1	53,4	125	67,2	45,1	102	48,4	13,2	12,6	69,8
Нитраты	2,01	12,91	5,66	1,42	7,96	3,01	1,39	2,8	9,5	2,1	1,17	4,8	1,6	5,3	11,9
Нитриты	0,33	0,81	0,21	0,56	0,17	0,21	0,16	0,14	0,35	0,28	0,31	0,15	0,1	0,13	0,21
Фосфаты	0,43	1,64	1,69	1,87	1,87	2,31	94,8	18,2	28,6	103	19,8	23	11,5	24	25,4
Нефтепродукты	29,21	58,42	32,48	33,30	67,9	30,36	20,4	29	22,9	21	29,6	21	23	26,6	21
Марганец	2,05	2,18	2,93	2,06	2,35	3,19	89,3	91,5	65,7	97,4	87,7	59,4	92	92,1	62,1
Медь	20,11	9,98	11,12	19,03	5,89	10,62	0,6	< 1	1,01	0,57	0,53	1,1	0,51	0,5	1,1
Свинец	4,86	5,24	2,13	3,38	5,78	2,11	4,1	9,8	6,92	4,0	9,6	7,4	4,2	5,3	6,9
Цинк	7,96	6,14	0,96	6,63	6,92	1,96	0,8	13,2	2,3	0,8	12,4	2,5	0,8	11,2	2,2

Примечание: \* – с учетом внесенных изменений в методики расчетов (по марганцу и фосфатам).

Через 14 дней после добавления опада листвы содержание загрязняющих веществ в опытных лотках было на 30% ниже, чем в контрольных лотках, куда опад листвы не добавлялся.

В контрольной группе добавление органики способствовало более быстрой адаптации червей, росту их количества и размеров. При этом субстрат быстрее приобретал гранулярную форму и приятный запах земли.

### Выводы

Проведенные исследования свидетельствуют, что донные отложения р. Калаус загрязнены в значительном количестве азотными, фосфатными соединениями, нефтепродуктами и тяжелыми металлами.

Использование дождевых червей позволяет существенно снизить содержание загрязнителей.

Очищенные донные отложения могут быть использованы для восстановления нарушенной структуры почвы, что позволяет вернуть ее в сельхозоборот или использовать по иному целевому назначению.

Добавление легко перерабатываемых червями органических отходов ускоряет процесс очищения субстрата от загрязнителей.

Переработанный грунт может быть использован для выравнивания естественных и искусственных складок рельефа местности (овраги, старые карьеры), что также послужит стабилизации эрозионных процессов, восстановлению качества почв и развитию популяции почвенных беспозвоночных.

Таким образом, развитие биотехнологий переработки донных отложений, органических отходов червями и постоянными их спутниками в окружающей среде – микроорганизмами в силу доступности, эффективности и низкой себестоимости технологий, а также почти универсальной применимости конечного продукта в земледелии включает в себе потенциал реализации устойчивого развития на качественно новом уровне.

Применение биотехнологии снимает проблему захоронения донных отложений, извлеченных при проведении работ по расчистке русел рек и углублению дна поверхностных водных объектов, превращая нередко токсичные отходы в важный для экологии и сельского хозяйства субстрат.

Развитие и использование современных наукоемких решений делает возможным создание рентабельного предпринимательства, имеющего неограниченный рынок сырья и потребления, что послужит экономическим базисом экологической безопасности и расширенного воспроизводства почвенного плодородия в интересах будущих поколений.

#### Список источников

1. Блинова Е.Г., Чеснокова М.Г. Биотехнологические аспекты анализа донных осадков и гидрохимический режим водотока // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 10–1. С. 75–80.
2. Ветчинников А.А., Титова В.И., Баранов А.И. Оценка возможности использования донных отложений пруда для рекультивации техногенно нарушенных почв // Агрехимический вестник. 2018. № 2. С. 50–53.
3. Дударева И.А., Алимова Г.С., Токарева А.Ю. Марганец в воде и донных отложениях нижнего течения реки Иртыш // Успехи современного естествознания. 2017. № 8. С. 70–74.
4. Лифшиц С.Х., Глянцева Ю.С., Чалая О.Н. Нефтезагрязнение почв как одно из наиболее распространенных явлений техногенного воздействия на окружающую среду // География и геоэкология на службе науки и инновационного образования: матер. XI Международной науч.-практ. конф., посвященной Всемирному Дню Земли и 100-летию заповедной системы России (Красноярск, 22 апреля 2016 г.). Красноярск: Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, 2016. С. 58–60.
5. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году. Государственный доклад. Москва: Минприроды России; МГУ имени М.В. Ломоносова, 2021. 864 с.
6. Олива Т.В., Манохина Л.А., Колесниченко Е.Ю. Химико-экологическое качество воды и донных отложений реки Валуй Белгородской области // Успехи современного естествознания. 2020. № 12. С. 145–150.
7. Слюсаревский А.В., Зиннатшина Л.В., Васильева Г.К. Сравнительный эколого-экономический анализ методов рекультивации нефтезагрязненных почв путем биорекультивации *in situ* и механической замены грунта // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22, № 11. С. 40–45.

8. Халел Мохамед Махмуд Набилъ, Шуравилин А.В., Пивень Е.А. Особенности изменения аллювиальных почв в восточной части дельты Нила при антропогенных воздействиях // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2013. № 3. С. 37–44.
9. Халел Мохамед Махмуд Набилъ, Шуравилин А.В., Пивень Е.А. Устойчивость почв восточной части дельты Нила к внешним воздействиям // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2013. № 3. С. 11–15.
10. Шевкопляс-Гурьева Н.А., Сивкова Г.А. Применение гербицидов и их влияние на окружающую среду и здоровье человека // Инновационная наука. 2020. № 12. С. 15–16.
11. Adams G.O., Fufeyin P.T., Okoro S.E., Ehinomen I. Bioremediation, biostimulation, and bioaugmentation: A review // International Journal of Environmental Bioremediation & Biodegradation. 2015. Vol. 3(1). Pp. 28–39. DOI: 10.12691/ijebb-3-1-5.
12. Baran A., Tarnawski M., Urbaniak M. An assessment of bottom sediment as a source of plant nutrients and an agent for improving soil properties // Environmental Engineering and Management Journal. 2019. Vol. 18(8). Pp. 1647–1656.
13. Chen X., Ma X., Yeung T., Sun D., Xu Zh. Comprehensive treatment of oil-contaminated soils using CO<sub>2</sub>-Responsive O/W microemulsions // Journal of Cleaner Production. 2022. No. 130857. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.130857.
14. García-Segura D., Castillo-Murrieta I.M., Martínez-Rabelo F. et al. Macrofauna and mesofauna from soil contaminated by oil extraction // Geoderma. 2018. Vol. 332. Pp. 180–189. DOI: 10.1016/j.geoderma.2017.06.013.
15. Geissen V., Gomez-Rivera P., Lwanga E.H., Mendoza R.B., Narcías A.T., Marcías E.B. Using earthworms to test the efficiency of remediation of oil-polluted soil in tropical Mexico // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2008. Vol. 71(3). Pp. 638–642. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2008.02.015.
16. Hussain I., Puschenreiter M., Soja G., et al. Rhizoremediation of petroleum hydrocarbon-contaminated soils: Improvement opportunities and field applications // Environmental and Experimental Botany. 2018. Vol. 147. Pp. 202–219. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2017.12.016.
17. Rodriguez-Campos J., Dendooven L., Alvarez-Bernal D., et al. Potential of earthworms to accelerate removal of organic contaminants from soil: A review // Applied Soil Ecology. 2014. Vol. 79. Pp. 10–25. DOI: 10.1016/j.apsoil.2014.02.010.

## References

1. Blinova E.G., Chesnokova M.G. Biotekhnologicheskie aspekty analiza donnykh osadkov i gidrokhimicheskij rezhim vodotoka [Biotechnological aspects of analysis of bottom sediment and hydrochemical mode of the water]. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovanij = International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2019;10(1):75-80. (In Russ.).
2. Vetchinnikov A.A., Titova V.I., Baranov A.I. Otsenka vozmozhnosti ispol'zovaniya donnykh otlozhenij pruda dlya rekul'tivatsii tekhnogenno narushennykh pochv [Assessment of opportunity of lake bottom sediments application for recultivation of technogenically disturbed soils]. *Agrokhimicheskij vestnik = Agrochemical Herald*. 2018;2:50-53. (In Russ.).
3. Dudareva I.A., Alimova G.S., Tokareva A.Yu. Marganets v vode i donnykh otlozheniyakh nizhnego techeniya reki Irtysh [Manganese in water and sediments of the lower reaches of the Irtysh river]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya = Advances in Current Natural Sciences*. 2017;8:70-74. (In Russ.).
4. Lifshits S.Kh., Glyatsova Yu.S., Chalaya O.N. Neftezagryaznenie pochv kak odno iz naibolee rasprostranennykh yavlenij tekhnogennoego vozdejstviya na okruzhayushchuyu sredyu [Oil pollution of soils as one of the most common phenomena of technogenic impact on the environment]. *Geografiya i geokologiya na sluzhbe nauki i innovatsionnogo obrazovaniya. Materialy XI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoj Vsemirnomu Dnyu Zemli i 100-letiyu zapovednoj sistemy Rossii (Krasnoyarsk, 22 aprelya 2016 g.)* [Geography and Geoecology in the Service of Science and Innovative Education. Proceedings of the XI International Scientific and Practical Conference dedicated to the World Earth Day and the 100<sup>th</sup> Anniversary of the Protected System of Russia]. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Pedagogical University Press; 2016:58-60. (In Russ.).
5. O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchej sredy Rossijskoj Federatsii v 2020 godu. Gosudarstvennyj doklad [On the State and Environmental Protection of the Russian Federation in 2020. State Report]. Moscow: Ministry of Natural Resources of Russia; Lomonosov Moscow State University; 2021. 864 p. (In Russ.).
6. Oliva T.V., Manokhina L.A., Kolesnichenko E.Yu. Khimiko-ekologicheskoe kachestvo vody i donnykh otlozhenij reki Valuj Belgorodskoj oblasti [Chemical and ecological quality of water and bottomset beds of the Valuy river in the Belgorod region]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya = Advances in Current Natural Sciences*. 2020;12:145-150. (In Russ.).
7. Slyusarevsky A.V., Zinnatshina L.V., Vasilyeva G.K. Sravnitel'nyj ekologo-ekonomicheskij analiz metodov rekul'tivatsii neftezagryaznennykh pochv putem biorekul'tivatsii *in situ* i mekhanicheskoy zameny grunta [Comparative environmental and economic analysis of methods for the remediation of oil-contaminated soils by *in situ* bioremediation and mechanical soil replacement]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii = Ecology and Industry of Russia*. 2018;22(11):40-45. (In Russ.).

8. Khalil Mohamed Mahmoud Nabil, Shuravilin A.V., Piven E.A. Osobennosti izmeneniya allyuvial'nykh pochv v vostochnoj chasti del'ty Nila pri antropogennykh vozdeystviyakh [Features of changing of alluvial soils of the east part of the Nile Delta at anthropogenous influences]. *Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo = Bulletin of Peoples' Friendship University of Russia. Series: Agronomy and Animal Industries*. 2013;3:37-44. (In Russ.).
9. Khalil Mohamed Mahmoud Nabil, Shuravilin A.V., Piven E.A. Ustojchivost' pochv vostochnoj chasti del'ty Nila k vneshnim vozdeystviyam [Steadiness of soils of the east part of the Nile Delta to external influences]. *Teoreticheskie i prikladnye problemy agropromyshlennogo kompleksa = Theoretical and Applied Problems of the Agro-Industry*. 2013;3:11-15. (In Russ.).
10. Shevkopyas-Guryeva N.A., Sivkova G.A. Primenenie gerbitsidov i ikh vliyanie na okruzhayushchuyu sredu i zdorov'e cheloveka [The use of herbicides and their impact on the environment and human health]. *Innovatsionnaya nauka = Innovative Science*. 2020;12:15-16. (In Russ.).
11. Adams G.O., Fufeyin P.T., Okoro S.E., Ehinomen I. Bioremediation, biostimulation, and bioaugmentation: A review. *International Journal of Environmental Bioremediation & Biodegradation*. 2015;3(1):28-39. DOI: 10.12691/ijebb-3-1-5.
12. Baran A., Tarnawski M., Urbaniak M. An assessment of bottom sediment as a source of plant nutrients and an agent for improving soil properties. *Environmental Engineering and Management Journal*. 2019;18(8):1647-1656.
13. Chen X., Ma X., Yeung T. Comprehensive treatment of oil-contaminated soils using CO<sub>2</sub>-Responsive O/W microemulsions. *Journal of Cleaner Production*. 2022. No. 130857. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.130857.
14. García-Segura D., Castillo-Murrieta I.M., Martínez-Rabelo F. et al. Macrofauna and mesofauna from soil contaminated by oil extraction. *Geoderma*. 2018;332:180-189. DOI: 10.1016/j.geoderma.2017.06.013.
15. Geissen V., Gomez-Rivera P., Lwanga E.H., Mendoza R.B., Narcias A.T., Marcias E.B. Using earthworms to test the efficiency of remediation of oil-polluted soil in tropical Mexico. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2008;71(3):638-642. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2008.02.015.
16. Hussain I., Puschenreiter M., Soja G., et al. Rhizoremediation of petroleum hydrocarbon-contaminated soils: Improvement opportunities and field applications. *Environmental and Experimental Botany*. 2018;147:202-219. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2017.12.016.
17. Rodriguez-Campos J., Dendooven L., Alvarez-Bernal D., et al. Potential of earthworms to accelerate removal of organic contaminants from soil: A review. *Applied Soil Ecology*. 2014;79:10-25. DOI: 10.1016/j.apsoil.2014.02.010.

#### Информация об авторах

А.А. Коровин – доктор медицинских наук, профессор кафедры экологии и ландшафтного строительства ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», ak53935@rambler.ru.

Т.Г. Зеленская – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, зав. кафедрой экологии и ландшафтного строительства ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», tamara.zelenskaya2016@yandex.ru.

Е.Е. Степаненко – кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и ландшафтного строительства ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», elenapstepanenko@yandex.ru.

С.В. Окрут – кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и ландшафтного строительства ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», s0kr@yandex.ru.

Н.Ю. Хасай – кандидат экономических наук, доцент кафедры землеустройства и кадастра ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», nik.khasay.stgau@mail.ru.

#### Information about the authors

A.A. Korovin, Doctor of Medical Sciences, Professor, the Dept. of Ecology and Landscape Construction, Stavropol State Agrarian University, ak53935@rambler.ru.

T.G. Zelenskaya, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Head of the Dept. of Ecology and Landscape Construction, Stavropol State Agrarian University, tamara.zelenskaya2016@yandex.ru

E.E. Stepanenko, Candidate of Biological Sciences, Docent, the Dept. of Ecology and Landscape Construction of Stavropol State Agrarian University, elenapstepanenko@yandex.ru.

S.V. Okrut, Candidate of Biological Sciences, Docent, the Dept. of Ecology and Landscape Construction, Stavropol State Agrarian University, s0kr@yandex.ru.

N.Yu. Khasai, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Land Management and Cadastre, Stavropol State Agrarian University, nik.khasay.stgau@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 16.03.2022; одобрена после рецензирования 28.04.2022; принята к публикации 12.05.2022.

The article was submitted 16.03.2022; approved after revision 28.04.2022; accepted for publication 12.05.2022.

© Коровин А.А., Зеленская Т.Г., Степаненко Е.Е., Окрут С.В., Хасай Н.Ю., 2022

Научная статья  
УДК 661.634.2.061  
DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2022\_2\_79

### Современные тест-методы и их использование в качестве контроля потребления фосфатов разной степени очистки в ходе вегетационного опыта

Наталья Леонидовна Багнавец<sup>1✉</sup>, Алексей Валерьевич Жевнеров<sup>2</sup>,  
Марина Викторовна Григорьева<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup>Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия  
<sup>1</sup>nbagnavec@yandex.ru<sup>✉</sup>

**Аннотация.** Изучена возможность использования блистерно-колориметрического метода определения фосфат-ионов в блистерной ячейке, которая наполнена смесью сухих реагентов в виде россыпи. Данный метод позволяет полуколичественно определять содержание фосфора в различных объектах агросферы с использованием россыпи, упакованной в ампулу или блистер (без применения растворов реагентов). Простота и доступность метода позволяет использовать его для контроля потребления фосфора (в виде фосфатов) растениями, благодаря чему становится возможным регулировать внесение питательных веществ в виде подкормок на разных этапах вегетативного роста растений. Одним из обязательных условий применения минеральных удобрений является исполнение требований их безопасности для здоровья человека, животных и растений, а также окружающей среды. При производстве фосфорных удобрений часто используют фосфорную кислоту, полученную путем очистки с использованием органических растворителей. В лабораторных условиях авторами выделена очищенная экстракционным способом с использованием 100% трибутилфосфата фосфорная кислота. На ее основе и на основе химически чистой фосфорной кислоты было синтезировано концентрированное фосфорное удобрение магний-аммонийфосфат ( $MgNH_4PO_4$ ), которое было использовано в технологии выращивания культуры томата. Внесение подкормок проводили под контролем потребления фосфатов в различные фазы вегетации томатов описанным выше тест-методом. Подобраны оптимальные условия фотометрирования – необходимое время выдержки 8–10 минут. Исследовано влияние мешающих ионов на точность экспресс-метода. Показано отсутствие токсического воздействия органического растворителя, который был применен для очистки фосфорной кислоты от примесей, на рост растений.

**Ключевые слова:** фосфорные удобрения, фосфорная кислота, экстракционная очистка, трибутилфосфат, определение фосфатов, тест-методы

**Для цитирования:** Багнавец Н.Л., Жевнеров А.В., Григорьева М.В. Современные тест-методы и их использование в качестве контроля потребления фосфатов разной степени очистки в ходе вегетационного опыта // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 15, № 2(73). С. 79–86. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_2\\_79](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_79)–86.

### AGRICULTURAL CHEMISTRY (AGRICULTURAL SCIENCES)

Original article

Natalya L. Bagnavets<sup>1✉</sup>, Aleksey V. Zhevnerov<sup>2</sup>, Marina V. Grigorieva<sup>3</sup>

Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, Russia

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

### Modern test methods and their use for controlling the consumption of phosphates of various degrees of purification in a greenhouse trial

Natalya L. Bagnavets<sup>1✉</sup>, Aleksey V. Zhevnerov<sup>2</sup>, Marina V. Grigorieva<sup>3</sup>

Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, Russia

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

**Abstract.** The authors have studied the possibility of using the blister colorimetric method for the determination of phosphate ions in a blister cell filled with a mixture of dry chemical agents in the form of placer. This method allows semi-quantitative determination of phosphorus content in various objects of the agrosphere using a placer packed in an ampoule or blister (without using chemical agents solutions). The simplicity and affordability of this method allow using it to control the consumption of phosphorus (in the form of phosphates) by plants, which makes it possible to regulate the application of nutrients in the form of supplementary fertilizers at different stages of plant vegetative growth. One of the prerequisites for the application of mineral fertilizers is the fulfillment of requirements for their safety for human, animal and plant health, as well as the environment. Production of



phosphate fertilizers often uses phosphoric acid obtained by purification using organic solvents. Under laboratory conditions, the authors have isolated phosphoric acid purified by extraction using 100% tributyl phosphate. Together with chemically pure phosphoric acid it was used as the basis to synthesize a concentrated phosphorus fertilizer magnesium ammonium phosphate ( $MgNH_4PO_4$ ), which was used in the technology of growing tomato crops. Supplementary fertilizers were applied under the control of phosphates consumption in different phases of growing season of tomatoes by the test method described above. Optimum conditions for photometry have been selected with the required exposure time of 8-10 minutes. The authors have studied the effect of interfering ions on the accuracy of express method. It has been shown that there is no toxic effect of the organic solvent used to purify phosphoric acid from impurities on plant growth.

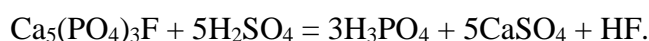
**Key words:** phosphorus fertilizers, phosphoric acid, solvent purification, tributyl phosphate, determination of phosphates, test methods

**For citation:** Bagnavets N.L., Zhevnerov A.V., Grigorieva M.V. Modern test methods and their use for controlling the consumption of phosphates of various degrees of purification in a greenhouse trial. Vestnik of Voronezh State Agrarian University. 2022;15(2):79-86. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_2\\_79-86](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_79-86).

## Введение

Известно, что фосфор относится к невосполнимым компонентам питания растений, поэтому для выращивания многих сельскохозяйственных культур, прежде всего для повышения их урожайности, широко используют различные фосфорные удобрения, потребность в которых постоянно растет. Вместе с этим неуклонно повышаются требования к экологической безопасности применяемых удобрений. Фосфорные удобрения представляют собой минеральные вещества, как правило, кальциевые или аммонийные соли фосфорной кислоты. Эти вещества содержат фосфор в доступной для растений форме и обеспечивают растения этим элементом питания.

Сырьем для получения большинства фосфорных удобрений является фосфорная кислота (ФК), получаемая в результате сернокислотного вскрытия природных фосфоритов, содержащих, помимо фосфата кальция, примеси различной природы и состава [1].



Эта так называемая экстракционная фосфорная кислота (ЭФК) содержит множество примесей, которые должны быть полностью или частично удалены перед использованием ФК для производства фосфорных удобрений различного состава.

Существует несколько современных способов очистки ЭФК от примесей, одним из которых является очистка с применением органических растворителей (экстрагентов) различной природы. Одним из промышленных экстрагентов является трибутилфосфат (ТБФ), представляющий собой с химической точки зрения сложный эфир бутанола и фосфорной кислоты. ТБФ – это бесцветная жидкость, плохо растворимая в воде (0,39 г/л воды при 19 °С), но хорошо растворимая в органических растворителях. ТБФ устойчив к гидролизу, к действию кислот, оснований, окислителей и восстановителей. Он является доступным и недорогим экстрагентом.

Сущность метода экстракционной очистки органическими экстрагентами заключается в следующем: ЭФК приводят при перемешивании в тесный контакт с органическим растворителем (100% ТБФ), который практически не растворяется в воде. В органическую фазу экстрагируется большая часть фосфорной кислоты и незначительное количество примесей. Затем эмульсию разделяют. Водная фаза, которая получается после разделения органической и водной фаз, называется рафинат. Она содержит некоторое количество фосфорной кислоты и большую часть примесей. Рафинат часто используют для производства удобрений. Но качество получаемых удобрений не соответствует нормам экологической безопасности. В органическую фазу, экстракт, переходит большая часть фосфорной кислоты и незначительное количество разнообразных по химической природе примесей. Затем проводят процесс реэкстракции, приводя экстракт в контакт с водой или водными растворами других неорганических веществ. В результате реэкстракции получают ФК, которая отличается значительно большей степенью чистоты,

чем исходная ЭФК. Эта кислота может быть использована для синтеза фосфорных удобрений, а также для получения фосфатов пищевого качества.

Одним из обязательных условий применения минеральных удобрений является исполнение требований безопасности для здоровья человека, животных и растений, а также окружающей среды. Актуальное направление в этом плане – использование тест-методов для предварительной оценки содержания фосфатов в почве. Это способствует удешевлению и массовому распространению химического анализа как средства рационального решения задач контроля и экологического мониторинга экосистем [11].

Определение содержания фосфора в природных водоемах, в почве, различных физиологических жидкостях, в сырой и сухой биомассах [3] – один из наиболее необходимых и важных видов химического анализа в медицине, биологии и сельском хозяйстве [8, 9].

Предлагаемый экспрессный тест-метод определения фосфат-ионов позволяет полуколичественно оценивать содержание фосфат-ионов в почвенных вытяжках, природных водоемах и физиологических жидкостях. Особенность данного метода заключается в том, что показатели растворов молибденофосфорной сини могут быть достигнуты в тонком слое раствора [4]. В стандартном способе зрительный эффект при близкой к максимальной концентрации фосфат-ионов достигается при толщине оптического слоя 20 мм, в то время как в нашем случае толщина слоя в блистерной ячейке составляет менее 2 мм. При этом судить об окраске можно не по всей массе окрашенного вещества, а только по ее верхней части. Определенный практический интерес вызывает возможность использования данного тест-метода для контроля потребления фосфатов в вегетационном опыте по сравнению эффективности применения фосфорных удобрений, синтезированных с использованием ФК различной химической чистоты.

Для реализации цели исследования были поставлены и решены следующие задачи:

- проведение опыта по очистке экстракционной фосфорной кислоты с использованием в качестве экстрагента 100% трибутилфосфата (ТБФ);
- синтез магний-аммонийфосфата с использованием очищенной экстракционным способом фосфорной кислоты и химически чистой фосфорной кислоты;
- проведение вегетационных опытов по выращиванию культуры томатов с использованием синтезированного удобрения;
- сравнение урожайности культуры томата при использовании магний-аммонийфосфата, синтезированного на базе кислоты, очищенной экстракционным способом, и химически чистой ФК.
- определение возможной токсичности органического растворителя, следы которого оставались в ФК, полученной экстракционным способом, в ходе проведения вегетационных опытов;
- изучение возможности контроля потребления фосфатов с использованием экспрессных методов анализа фосфат-ионов.

Многозадачность проведенного исследования позволила на разных его этапах привлекать учащихся РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева для выполнения практических заданий. Подобная практика способствует повышению интереса учащихся к процессу обучения и мотивирует к получению навыков, необходимых для их дальнейшей профессиональной деятельности.

#### **Материалы и методы**

*Методика очистки ЭФК 100% трибутилфосфатом.* Водную фазу (ЭФК) и органическую фазу (100% ТБФ) приводили в контакт и эмульгировали с помощью магнитной мешалки ММ-5 (400–450 об/мин.). Время контакта фаз составляло 15 минут,

что соответствует достижению равновесия в процессе экстракции [2]. Разделение фаз на водную и органическую проводили в делительной воронке. Реэкстракцию фосфорной кислоты из органической фазы проводили дистиллированной водой. Реэкстракт с низким содержанием примесей использовали для получения фосфорного удобрения – магний-аммонийфосфата  $MgNH_4PO_4$ .

*Методика получения магний-аммонийфосфата* [5]. В стакан вместимостью 500 мл приливали 100 мл 10% раствора хлорида магния, прибавляли 60 мл 2 н. раствора  $HCl$  и 140 мл дистиллированной воды. В полученный раствор добавляли 40 г гидрофосфата натрия  $Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$  и нагревали до кипения. К горячему раствору приливали в присутствии фенолфталеина 10% раствор гидроксида аммония до щелочной реакции среды. Полученный отфильтрованный осадок высушивали и использовали в вегетационном опыте. Магний-аммоний фосфат синтезировали в двух вариантах:

- с использованием химически чистой ФК;
- с использованием ФК, очищенной с помощью экстрагента трибутилфосфата.

*Методика проведения вегетационного опыта.* В качестве опытной культуры использовали гибрид томата. Опыты проводили в 5-кратной повторности. В качестве субстрата использовали верховой и низинный торф, содержащий низкие количества доступных питательных веществ. В сосуды для посадки томатов набивали по 7 л смеси торфа с добавлением питательных веществ.

*Схема вегетационного опыта.* До высадки рассады в грунт вносили на одно растение: 5 г фосфора в пересчете на  $P_2O_5$ , 0,5 г N, 1 г калия в пересчете на  $K_2O$ , 0,824 г магния и микроэлементы.

Опыты проводили по двум вариантам, выравненным по содержанию элементов питания:

- 1) магний-аммонийфосфат на основе очищенной ФК + преципитат + НК (с учетом N в фосфорсодержащем удобрении);
- 2) магний-аммонийфосфат на основе химически чистой ФК+ преципитат + НК (с учетом N в фосфорсодержащем удобрении).

В течение вегетационного опыта было внесено 11 подкормок, в результате которых на одно растение приходилось 14 г калия в пересчете на  $K_2O$ , 8 г азота, 0,176 г магния и микроэлементы.

В опыте использовались следующие соли: нитрат кальция  $Ca(NO_3)_2$ , нитрат калия  $KNO_3$ , сульфат калия  $K_2SO_4$ , нитрат аммония  $NH_4NO_3$ , двойной суперфосфат  $Ca(H_2PO_4)_2$ , преципитат  $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$ , сульфат магния  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ , а также соли, содержащие микроэлементы.

Исследования в ходе вегетационного опыта проводились в агрохимической лаборатории имени Д.Н. Прянишникова РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева.

Приготовление почвенной вытяжки для определения содержания фосфора тест-методом осуществляли следующим образом. Отобранный образец почвы высушивали в сушильном шкафу или на воздухе. К 2 г почвы, взвешенной на технических весах, добавляли 5 мл 1М раствора хлорида калия и перемешивали в течение 3–5 минут, после этого фильтровали. Почвенную вытяжку использовали для выполнения анализа на содержание фосфатов. При необходимости проводили разбавление почвенной вытяжки до необходимой концентрации  $PO_4^{3-}$ .

*Определение фосфатов в почвенной вытяжке.* С целью контроля внесения и содержания в почве фосфора в виде фосфат-ионов использовали полуколичественный тест-метод. В качестве тест-средства использована тест-россыпь и колористическая

шкала к ней. Визуально-колористическую реакцию проводили, добавляя 3 капли анализируемого раствора (почвенной вытяжки) в ячейку. Реакцию проводили в блистерной ячейке. Время, необходимое для развития окраски раствора, составляло примерно 8 минут. Интенсивность окраски была пропорциональна концентрации фосфат-ионов в растворе (рис. 1).

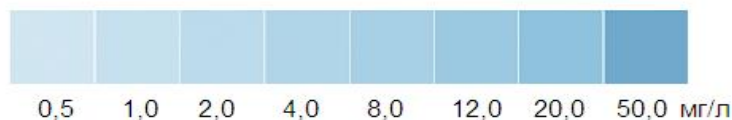


Рис. 1. Колористическая шкала для полуколичественного определения фосфат-ионов

Определение фосфора проводилось с использованием научного оборудования центра коллективного пользования «Сервисная лаборатория комплексного анализа химических соединений» ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева.

### Результаты и их обсуждение

Вегетационный опыт носил поисковый характер и ставил своей задачей изучить сравнительное действие эквивалентных доз питательных веществ минеральных солей, полученных из фосфорной кислоты разной степени очистки. Результаты вегетационного опыта представлены в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительное действие растворимых капсулированных удобрений с ограниченной растворимостью на урожай плодов томата

Вариант	Урожай плодов томата по повторностям, кг на одно растение					S	В среднем на растение
	1	2	3	4	5		
1. СаНРО <sub>4</sub> + MgNH <sub>4</sub> РО <sub>4</sub> (на основе очищенной ФК) НКМг с микроэлементами в корневые подкормки	2,86	2,78	2,98	2,92	2,77	14,26	2,85
2. СаНРО <sub>4</sub> + MgNH <sub>4</sub> РО <sub>4</sub> (на основе химически чистой) НКМг с микроэле- ментами в корневые под- кормки	2,93	2,85	2,79	2,91	2,87	14,35	2,87

Данные таблицы 1 свидетельствуют о том, что полученное с использованием очищенной 100% трибутилфосфатом удобрение магний-аммоний фосфат (вариант 1) не уступало по действию удобрению, полученному с использованием химически чистой фосфорной кислоты (вариант 2).

Средняя урожайность томата по вариантам отличается незначительно. Она колеблется от 2,77 до 2,98 кг с одного растения на варианте № 1 и от 2,79 до 2,93 кг на варианте № 2. Известно, что растения томата поглощают сравнительно небольшое количество фосфора, однако чувствительны к его недостатку в почве. Томат слабо усваивает фосфор из труднорастворимых соединений, что и определяет повышенные требования к обеспеченности почвы легкоусвояемыми формами фосфора [6, 7]. В нашем случае наличие хорошо растворимого магний-аммонийфосфата в смеси удобрений в обоих вариантах оказало стимулирующее воздействие на развитие томатов. Из множества овощных культур томат наиболее отзывчив на содержание легко усвояемых фосфатов в почве. Достаточное количество фосфора обеспечивает высокие прибавки урожая, ускоряет созревание и улучшает качество плодов томата. Подобная тенденция характерна для всех регионов с различными почвенными показателями.

Полученные результаты говорят об отсутствии угнетающего действия на рост растений томата растворенного экстрагента – трибутилфосфата, который в незначительном количестве все же остается в реэкстракте в процессе получения очищенной фосфорной кислоты.

Следует отметить, что на протяжении вегетационного опыта в почве была слабощелочная среда ( $\text{pH} \approx 5,5\text{--}6,0$ ), что, безусловно, способствовало гидролизу трибутилфосфата до нетоксичных продуктов. Также очевидно, что была достигнута достаточная степень очистки кислоты и от остальных катионных и анионных примесей в ЭФК при использовании в качестве экстрагента 100% ТБФ.

Уровень потребления фосфора определяли по содержанию фосфатов в почвенной вытяжке каждые 7 дней вегетационного опыта. В результате выявлено несколько особо активных периодов потребления фосфора растениями томатов (рис. 2).

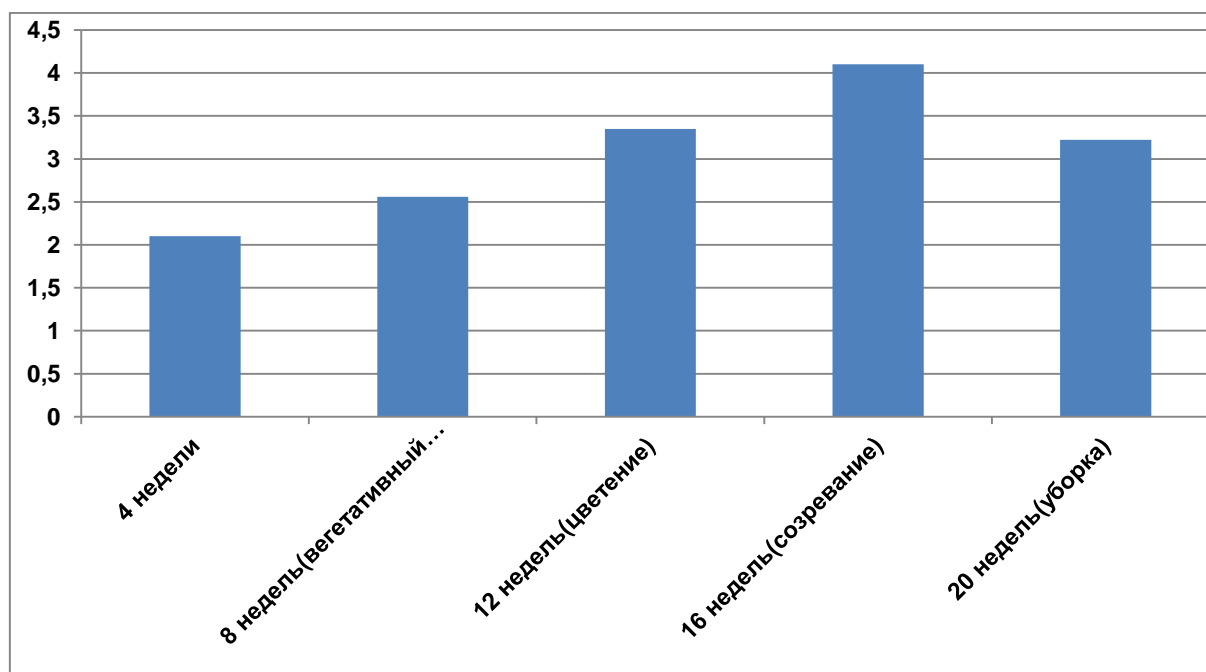


Рис. 2. Потребление фосфора растениями томата в ходе вегетационного опыта, г на 1 растение

Первые три недели после высадки рассады потребление фосфора было незначительным, менее 1 г на растение. Начиная с 4-й недели вегетации потребление фосфора значительно возрастало, более 2 г на растение. В начальный период развития растениям необходима хорошая обеспеченность фосфором. Это обуславливает высокую продуктивность и раннее образование плодов. Основной пик потребления фосфора приходится на период плодоношения, когда вынос фосфора максимален, более 4 г на растение.

Использование тест-метода полуколичественного определения фосфатов позволило оперативно контролировать потребление фосфора и своевременно вносить подкормки. Период между подкормками составил в среднем 10–12 дней.

При полуколичественном определении фосфат-ионов в виде восстановленной МФК следует исключать влияние мешающих ионов. Известно, что основной трудно устранимой примесью при очистке ФК с использованием органических растворителей является фтороводородная кислота. При концентрации фторидов выше 70 мг/л возможна ошибка при определении фосфатов. Однако в нашем случае такие концентрации фторидов в вытяжке не фиксировались. Оксид железа (III) в виде примеси до 20 мг/л незначительно влияет на интенсивность окраски (погрешность меньше 5%).

Результаты изучения селективности реакции определения фосфат-ионов с добавлением мешающих компонентов приведены в таблице 2.

**Таблица 2. Влияние посторонних ионов на блистерно-колориметрическое определение фосфат-ионов (введено 2 мг/л  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $n = 3$ ,  $P = 0,95$ )**

Посторонние ионы	Концентрация, мг/л	Найдено фосфат-ионов, мг/л	$S_r$
$\text{F}^-$	70,0	$1,90 \pm 0,10$	0,05
$\text{SiO}_3^{2-}$	5,0	$2,10 \pm 0,11$	0,05
$\text{Fe}^{3+}$	20,0	$2,10 \pm 0,11$	0,01

### Выводы

1. Очищенную с помощью органического растворителя (100% трибутилфосфата) фосфорную кислоту можно использовать наряду с химически чистой кислотой для синтеза фосфорных удобрений, в частности магний-аммоний фосфата.

2. Урожайные данные при добавлении магний-аммоний фосфата, синтезированного на основе очищенной экстракционным способом фосфорной кислоты, практически не отличаются от результатов урожайности томатов при использовании  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$ , полученного на основе химически чистой ФК.

3. Использование полуколичественного тест-метода определения фосфора позволило отследить потребление фосфора растениями в различные периоды вегетации и оптимизировать процесс внесения подкормок.

4. Были определены оптимальные условия использования тест-системы. Время реакции образования фосфорно-молибденовой сини в блистерной ячейке составляет около 8 минут. Это позволяет использовать данную тест-систему для полуколичественного определения фосфат-ионов с целью оперативного контроля за потреблением фосфора в условиях вегетационного опыта.

### Список источников

1. Багнавец Н.Л., Чащина Е.С. Использование очищенной экстракционным способом фосфорной кислоты для получения чистых удобрений // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2010. № 5. С. 151–155.
2. Багнавец Н.Л., Клинский Г.Д., Смарыгин С.Н. Получение очищенной фосфорной кислоты // Промышленность Казахстана. Алматы, 2005. № 4. С. 60–62.
3. Золотов Ю.А., Иванов В.М., Амелин В.Г. Химические тест-методы анализа. Москва УРСС, 2002. 302 с.
4. Князев Д.А., Жевнеров А.В., Иванов В.М., Князев В.Д. Блистерно-колориметрическое определение фосфат-ионов в воде, сельскохозяйственных объектах и биологических жидкостях // Журнал аналитической химии. 2007. Т. 62, № 1. С. 45–49.
5. Лаврентьева О.В., Лисов Н.И., Данилушкина Е.Г. Неорганическая химия: лабораторный практикум. 3-е изд., доп. Самара: Самарский государственный технический университет, 2021. 167 с.
6. Минаков И.А., Бекетов А.В., Зюзя А.В. Эффективность производства овощей защищенного грунта // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2007. № 1. С. 103–111.
7. Полторацнев М.С., Бессарабенко И.В., Гребенникова Т.В. Технология выращивания томатов в открытом грунте в условиях засушливого климата с применением водорастворимых минеральных удобрений // Питание растений. Вестник Международного института питания растений. 2015. № 3. С. 9–10.
8. Bollinger D.W., Tsunoda A., Ledoux D.R., Ellersieck M.R., Veum T.L. A simple *in vitro* test tube method for estimating the bioavailability of phosphorus in feed ingredients for swine // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2004. Vol. 52(7). Pp. 1804–1809. DOI: 10.1021/jf0345907.
9. Mallarino A.P., Blackmer A.M. Comparison of Methods for Determining Critical Concentration of Soil Test Phosphorus for Corn // Agronomy Journal. 1992. Vol. 84(5). Pp. 850–856. DOI: 10.2134/AGRONJ1992.00021962008400050017X.
10. Sang J., Yu G., Zhang X., Wang Z. Relation between phosphorus and bacterial regrowth in drinking water // Huan Jing Ke Xue. 2003. Vol. 24(4). Pp. 81–84.
11. Sibbesen, E., Sharpley A.N., ..., Johnston A. Setting and justifying upper critical limits for phosphorus in soils. H. Tunney et al. (ed.). Phosphorus Loss from Soil to Water. CAB International, London, 1997.

## References

1. Bagnavets N.L., Chashchina E.S. Ispol'zovanie ochishchennoj ekstraktsionnym sposobom fosfornoj kisloty dlya polucheniya chistyykh udobrenij [The use of phosphoric acid purified by the extraction method to obtain pure fertilizers]. *Izvestiya Timiryazevskoj sel'skokhozyajstvennoj akademii = Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2010;5:151-155. (In Russ.).
2. Bagnavets N.L., Klinskii G.D., Smarygin S.N. Poluchenie ochishchennoj fosfornoj kisloty [Obtaining purified phosphoric acid]. *Promyshlennost' Kazakhstana = Industry of Kazakhstan*. 2005;4:60-62. (In Russ.).
3. Zolotov Yu.A., Ivanov V.M., Amelin V.G. Khimicheskie test-metody analiza [Chemical test methods of analysis]. Moscow: URSS Press; 2002. 302 p. (In Russ.).
4. Knyazev D.A., Zhevnerov A.V., Ivanov V.M., Knyazev V.D. Blisterno-kolorimetriceskoe opredelenie fosfat-ionov v vode, sel'skokhozyajstvennykh ob"ektakh i biologicheskikh zhidkostyakh [Blister-colorimetric determination of phosphate ions in water, agricultural samples, and biological samples]. *Zhurnal analiticheskoy khimii = Journal of Analytical Chemistry*. 2007;62(1):50-53. (In Russ.).
5. Lavrentieva O.V., Lisov N.I., Danilushkina E.G. Neorganicheskaya khimiya: laboratornyj praktikum. 3-e izd., dop. [Inorganic chemistry: laboratory-based practical. 3<sup>rd</sup> edition, enlarged]. Samara: Samara State Technical University; 2021. 167 p. (In Russ.).
6. Minakov I.A., Beketov A.V., Zyuzya A.V. Effektivnost' proizvodstva ovoshchej zashchishchennogo grunta [Production efficiency of vegetables of a protective ground]. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2007;1:103-111. (In Russ.).
7. Poltoradnev M.S., Bessarabenko I.V., Grebennikova T.V. Tekhnologiya vyrashchivaniya tomatov v otkrytom grunte v usloviyakh zasushlivogo klimata s primeneniem vodorastvorimykh mineral'nykh udobrenij [Technology of growing tomatoes in open ground in arid climates using water-soluble mineral fertilizers]. *Pitanie rastenij. Vestnik Mezhdunarodnogo instituta pitaniya rastenij = Plant Nutrition Today. A Publication of the International Plant Nutrition Institute*. 2015;3:9-10. (In Russ.).
8. Bollinger D.W., Tsunoda A., Ledoux D.R., Eilersieck M.R., Veum T.L. A simple *in vitro* test tube method for estimating the bioavailability of phosphorus in feed ingredients for swine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2004;52(7):1804-1809. DOI: 10.1021/jf0345907.
9. Mallarino A.P., Blackmer A.M. Comparison of Methods for Determining Critical Concentration of Soil Test Phosphorus for Corn. *Agronomy Journal*. 1992;84(5):850-856. DOI: 10.2134/AGRONJ1992.00021962008400050017X.
10. Sang J., Yu G., Zhang X., Wang Z. Relation between phosphorus and bacterial regrowth in drinking water. *Huan Jing Ke Xue*. 2003;24(4):81-84.
11. Sibbesen, E., Sharpley A.N., ..., Johnston A. Setting and justifying upper critical limits for phosphorus in soils. H. Tunney et al. (ed.). *Phosphorus Loss from Soil to Water*. CAB International, London; 1997.

## Информация об авторах

Н.Л. Багнавец – кандидат технических наук, доцент кафедры химии ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», nbagnavec@yandex.ru.

А.В. Жевнеров – кандидат химических наук, доцент кафедры химии ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», jevnerov@mail.ru.

М.В. Григорьева – кандидат педагогических наук, доцент кафедры химии ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», marina\_gry@inbox.ru.

## Information about the authors

N.L. Bagnavets, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Chemistry, Russian Timiryazev State Agrarian University, nbagnavec@yandex.ru.

A.V. Zhevnerov, Candidate of Chemical Sciences, Docent, the Dept. of Chemistry, Russian Timiryazev State Agrarian University, jevnerov@mail.ru.

M.V. Grigorieva, Candidate of Chemical Sciences, Docent, the Dept. of Chemistry, Russian Timiryazev State Agrarian University: marina\_gry@inbox.ru.

Статья поступила в редакцию 28.03.2022; одобрена после рецензирования 12.05.2022; принята к публикации 27.05.2022.

The article was submitted 28.03.2022; approved after revision 12.05.2022; accepted for publication 27.05.2022.

© Солопов В.А., Анциферова О.Ю., Акиндинов В.В., 2022

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ  
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья  
УДК 632.937  
DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2022\_2\_87

**Растения в качестве биопродуцентов биоцидных  
веществ и перспективы создания на их основе  
биологических инсектоакарицидов**

Татьяна Алексеевна Рябчинская<sup>1✉</sup>, Ирина Юрьевна Бобрешова<sup>2</sup>,  
Юлия Владимировна Каширских<sup>3</sup>  
<sup>1, 2, 3</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, пос. ВНИСС,  
Воронежская область, Россия  
<sup>1</sup>biometod@mail.ru✉

**Аннотация.** Биологический метод защиты сельскохозяйственных культур от вредителей в настоящее время признан приоритетным направлением в развитии научных исследований во всем мире. В арсенале средств подавления вредных популяций членистоногих в России экологически безопасные биологические средства по сравнению с химическими занимают весьма скромное место. Совершенно отсутствуют инсектициды на основе биологически активных веществ растительного происхождения, хотя издавна известны биоцидные свойства многих растений. Использование в качестве инсектоакарицидов экстрактов таких веществ в практическом плане не отработано, не решены многие технологические аспекты разработки препаратов на их основе. Цель представленных исследований состояла в поиске наиболее пригодных в технологическом отношении видов растений и выявлении возможности достижения высокой биологической эффективности при применении полученных из них экстрактов. Проведено более 70 экспериментов с использованием более 40 видов растений и 8 видов тест-объектов из групп листогрызущих и сосущих фитофагов. Приводятся результаты экспериментальных исследований по данной теме, выполненных во ВНИИ защиты растений (Воронежская область). Обсуждаются сложности получения спиртовых экстрактов с высокой биоцидной активностью, технологические приемы их концентрирования, а также подводятся итоги лабораторных испытаний образцов экстрактов, наиболее перспективных для создания нового препарата защиты растений от группы грызущих и сосущих членистоногих. Среди изученных видов растений наиболее пригодными для этой цели являются чемерица Лобеля и борщевик Сосновского, биологическая эффективность которых при технологически приемлемых рабочих концентрациях достигала 95–100% и не уступала известным авермектиновым препаратам Фитоверм и Вертимек.

**Ключевые слова:** инсектицидные растения, спиртовые экстракты, концентрирование экстрактов, смертность насекомых, биологическая эффективность

**Для цитирования:** Рябчинская Т.А., Бобрешова И.Ю., Каширских Ю.В. Растения в качестве биопродуцентов биоцидных веществ и перспектива создания на их основе биологических инсектоакарицидов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 2(73). С. 87–94. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_2\\_87-94](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_87-94).

PLANT PROTECTION  
(AGRICULTURAL SCIENCES)

Original article

**Plants as bioproducers of biocidal substances and prospects  
of creating biological insectoacaricides on their basis**

Tatiana A. Ryabchinskaya<sup>1✉</sup>, Irina Yu. Bobreshova<sup>2</sup>, Yuliya V. Kashirskikh<sup>2</sup>  
<sup>1, 2, 3</sup>All-Russian Research Institute for Plant Protection, pos. VNISS, Voronezh Oblast, Russia  
<sup>1</sup>biometod@mail.ru✉

**Abstract.** The biological method of protecting agricultural crops from pests is now recognized as a priority direction in the development of scientific research throughout the world. However, in Russia environmentally friendly and biological means, in comparison with chemical ones, occupy a very modest place in the range of means for suppressing harmful populations of arthropods. There are absolutely no insecticides based on biologically active substances of plant origin, although the biocidal properties of many plants have been known for a long time. The application of extracts of such substances as insectoacaricides has not been worked out in practice. Many technological aspects of development of plant-based drugs have not been resolved. Thus, the main goal of research was to find the most technologically suitable plant species and to establish the possibility of achieving high biological efficiency when using their extracts. More than 70 experiments were carried out



involving more than 40 plant species and 8 types of test objects from the groups of leaf-eating and sucking phytophages. This article summarizes the results of two years of research on this issue. The authors discuss the difficulties of obtaining alcohol extracts with high biocidal activity, technological methods of their concentration, as well as the results of laboratory tests of samples of extracts that are most promising for the creation of a new plant preparation against the group of chewing and sucking arthropods. Among the studied plant species, the most suitable for this purpose are white hellebore and Sosnowsky's hogweed, the biological efficiency of which at technologically acceptable working concentrations reached 95-100% and was not inferior to the well-known avermectin preparations such as Fitoverm and Vertimec.

**Key words:** insecticidal plants, ethanol extracts, concentration of extracts, insect mortality, biological efficiency

**For citation:** Ryabchinskaya T.A., Bobreshova I.Yu., Kashirskikh Yu.V. Plants as bioproducts of biocidal substances and prospects of creating biological insectoacaricides on their basis. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(2):87-94. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_1\\_87-94](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_1_87-94).

## **В** ведение

Тенденция повышения интереса к получению экологически чистой продукции сельского хозяйства, вплоть до полного отказа от применения средств химического происхождения при организации органического земледелия, наблюдается в настоящее время во всем мире. В России также весьма актуальными являются исследования и разработки, существенно снижающие риски загрязнения окружающей среды и получаемой продукции токсическими остатками. Данное направление в науке признано приоритетным. Наблюдается очевидная нехватка биологических препаратов, обладающих инсектоакарицидным действием, в основном ассортимент их представлен микробиологическими средствами на основе штаммов бактерий, а также на основе метаболитов грибов и продуктов жизнедеятельности актиномицетов. В целом зарегистрировано и разрешено к применению порядка 20–25 биопрепаратов для борьбы с вредными членистоногими. Локус биоинсектицидов на основе биологически активных соединений из растительных организмов в данном списке не представлен.

По своему составу и свойствам токсические вещества растений различны. Ранее было установлено, что биоцидное действие их на насекомых проявляется в основном за счет вторичных метаболитов растений, представленных группами органических соединений, среди которых выделяют четыре больших класса: фенольные соединения, терпеноиды, стероиды и алкалоиды [5]. Среди алкалоидов, обладающих инсектицидным и акарицидным действием, наиболее известны пиретрин (на его основе были созданы современные пиретроиды) и сильно действующий растительный нейротоксин – никотин (современные аналоги его – неоникотиноиды).

Попытки разработки биоцидных средств на основе растительных материалов предпринимались в России еще в конце прошлого столетия и в начале текущего, однако исследования в данном направлении были приостановлены по различным причинам или не увенчались успехом [1, 3, 6–10].

Основной целью проведенных авторами исследований является изучение возможности создания биоцидного препарата на основе спиртовых экстрактов активных соединений – вторичных метаболитов растений.

### **Методика проведения исследований**

Несмотря на имеющиеся в опубликованных источниках отдельные сведения по биоинсектицидным растительным экстрактам и отварам, на начальном этапе исследований предстояло решить большое количество вопросов. Помимо выбора перспективных растений-биопродукторов, необходимо было выяснить следующие аспекты:

- на каких объектах в короткий срок можно проводить объективное тестирование получаемых образцов экстрактов, какая концентрация действующих веществ в получаемых образцах является достаточной для достижения желаемого эффекта и какой механизм действия срабатывает при их использовании;

- каким способом достижимо наиболее полное извлечение действующих веществ;

- способен ли будет разрабатываемый препарат длительное время храниться без потери эффективности и многие другие вопросы.

Дать научно обоснованные ответы на поставленные вопросы можно было только после проведения комплексных исследований.

Вследствие биологических особенностей видов растений (формирование вегетативной массы, концентрация физиологически активных веществ в различных органах, жесткость тканей и их увлажненность) для получения достаточно концентрированного исходного биологического материала требуется различное соотношение компонентов экстрактов, поэтому в каждом случае маточный раствор по всем параметрам изготовления всегда индивидуален.

В течение двух лет в экспериментах было апробировано более 200 вариантов различных экстрактов на основе более 40 видов растений. Наиболее эффективные экстракты получены из следующих растений:

- горчица сарептская (*Brassica juncea* L.);
- пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L.);
- чемерица Лобеля (*Veratrum lobelianum* Bernh.);
- полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.);
- полынь горькая (*Artemisia absinthium* L.);
- тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.);
- чистотел большой (*Chelidonium ajacis* L.);
- бархатцы мелкоцветные (*Tagetes patula* L.);
- чеснок (*Allium sativum* L.);
- хмель обыкновенный (*Humulus lupulus* L.).

Исследования проводили в лабораторных условиях по общепринятым методикам [2, 4] на тест-объектах природных популяций членистоногих, собираемых в различных естественных станциях и агроценозах (личинки колорадского жука, различные виды тлей и обыкновенный паутинный клещ).

Подопытных членистоногих содержали в чашках Петри после проведения обработки с помощью микропульверизатора, при этом опрыскивали как самих особей, так и части кормового растения.

Повторность вариантов 4–5-кратная, количество учетных особей в повторности от 10 (личинки колорадского жука) до 50–100 (тли и клещи).

Учеты гибели членистоногих проводили со 2-го по 7-й день ежедневно, биологическую эффективность рассчитывали с поправкой на естественную смертность в контрольном варианте (обработка водой).

По аналогии с экстрактами, используемыми в народной медицине (фитотерапии), для приготовления опытных образцов использовали этиловый спирт различной концентрации при времени экстрагирования 2–4 недели при комнатной температуре.

#### **Результаты и их обсуждение**

В процессе экспериментов было установлено, что эффективность приготовленных экстрактов находится в сильной зависимости от степени концентрации экстрагента (от 40 до 96%), количественного содержания свежего или сухого растительного сырья (от 10 до 50%) и степени его размельчения (от кусочков растительных частей диаметром 2–10 мм до пылевидного состояния).

Концентрации экстрактов, используемые в медицинских целях, оказались практически неэффективными при применении в качестве инсектоакарицидов. Для данных целей необходимо существенно более высокое содержание действующих веществ, что достигалось различными приемами, в том числе постепенным выпариванием спиртовой фракции при температурах от +40 до +60. Использование слабо концентрированных экстрактов приводило к небольшой смертности тест-объектов, не превышающей 20%.

Для достижения желаемых эффектов концентрации рабочего раствора необходимо было повышать до 5–10%, что не соответствует современным технологическим регламентам применения пестицидов. На этой стадии исследований были определены наиболее перспективные для дальнейшего изучения и разработки биоцидного препарата виды растений.

Из более 30 изученных видов растений, обладающих по литературным данным инсектицидными свойствами и произрастающих в основном в европейской части России, в первый год было выделено около 10 видов, показывающих наиболее высокую эффективность.

Дальнейший поиск различных способов концентрирования действующих растительных компонентов позволил определить наиболее эффективные концентрации и технологии получения опытных образцов экстрактов, которые при испытаниях в лабораторных условиях на различных тест-объектах показали биологическую эффективность на уровне 70–80% и более (см. табл.).

**Максимальные значения биологической эффективности при обработке тест-объектов различными образцами экстрактов из биоцидных растений**

Тест-объект	Растение-биопродукт (биоматериал)	Концентрация экстрагента, %	Содержание биомассы при экстрагировании, %	Концентрация рабочего раствора, %	Биологическая эффективность, %
Колорадский жук	Чистотел большой (трава)	96	52	5,0	100
	Полынь обыкновенная (трава)	96	34	1,0	87,0
	Полынь горькая (трава)	96	30	2,0	71,9
	Пижма (соцветия)	96	47	5,0	100
	Хмель (соцветия)	96	57	5,0	100
	Чеснок (зубчики)	96	62	5,0	83,7
	Горчица сарептская (семена)	96	18	5,0	96,6
Обыкновенный паутинный клещ	Чемерица Лобеля (корни)	96	20	1,0	91,0
		70	20	1,0	100
	Борщевик Сосновского (трава)	70	20	1,0	95,1
				0,5	94,4
		96	20	5,0	89,0
				4,0	71,3
	Смесь трав*	70	20	3,0	92,2
				2,0	89,3
				1,0	82,5
	Розанная тля	Борщевик Сосновского (трава)	70	20	0,3
Грушево-зонтчатая тля	Чемерица Лобеля (трава)	70	20	1,0	96,6
Кизиловая тля	Чемерица Лобеля	70	20	1,0	86,0–100
	Борщевик Сосновского (трава)	70	20	1,0	77,2
	Смесь трав*	70	20	1,0	80,2
				2,0	90,9–98,6
				3,0	94,1
Бархатцы многоцветковые (цветки)	70	10	1,0	85,1–89,8	
			2,0	74,3–90,7	
Капустная тля	Борщевик Сосновского (трава)	70	20	1,0	92,9–94,4
				2,0	85,7
	Смесь трав*	70	20	1,0	85,4
				2,0	96,6

Примечание: \* – смесь трав: чемерица, тысячелистник, полынь горькая, чистотел (7 : 1 : 1 : 1).

На первом этапе исследований было сделано заключение, что в наших условиях для проведения экспериментов наиболее удобным представителем листогрызущей группы членистоногих, наблюдающимся ежегодно в высокой численности, является колорадский жук (*Leptinotarsa decemlineata* Say.) в стадии личинок младших возрастов.

Различные виды тлей, представляющих сосущую группу членистоногих и также имеющих широкое распространение и часто высокую численность, являются сложными в качестве тест-объектов для экспериментов, поскольку каждый вид обладает морфологическими особенностями (питание в свернутых листьях, степень воскового покрытия наружных частей тела и кормового растения), обеспечивающими их устойчивость к действию пестицидов при контактном проникновении токсикантов через обрабатываемую поверхность. Так, например, сливовая опыленная (*Hyalopterus pruni* Geoffr.) и вишневая тли (*Myzus cerasi* F.) являются достаточно устойчивыми видами, гибель их при воздействии различными образцами экстрактов была наименьшей. В связи с этим для объективной оценки эффективности инсектицидного действия изучаемых образцов испытания проводились на разных видах данной группы. Более доступным сосущим тестовым фитофагом является обыкновенный паутинный клещ (*Tetranychus urticae* Koch.), размножение которого на широком спектре сельскохозяйственных культур возможно в условиях теплиц.

Для более перспективных видов растений-биопродукторов токсичных веществ было проведено уточнение оптимальных концентраций этилового спирта при экстрагировании биологически активных веществ из ряда видов растений. По результатам испытаний такими концентрациями этанола для горчицы и полыни горькой является 70%, для хвои ели – 40%, полыни обыкновенной и чистотела при высоких содержаниях биомассы – 96%.

Важным качеством биоматериала при экстрагировании является степень измельчения. Так, при грубом ручном измельчении для большего количества растений более эффективно токсические вещества экстрагируются 96% этанолом, при тонком механическом размоле сухой массы – 70%.

На личинках колорадского жука за период развития первого поколения было испытано 38 опытных образцов на основе экстрактов 14 видов растений, концентрация действующих веществ в которых была настолько максимальной, насколько позволяли технологические возможности. Кроме того, экстракты подвергались дополнительному концентрированию действующих веществ методом упаривания спиртовой фракции (от 2 до 15 раз по отношению к начальному объему).

Установлено, что у большинства видов экстрактов высокая степень концентрирования вызывает снижение токсического действия образцов, что может быть связано с разложением определенных действующих соединений или более сложным действием концентратов на насекомых, в частности не исключается антифидантный или репеллентный эффекты. Однако среди испытанных были образцы на основе пижмы, горчицы, тысячелистника, которые при концентрировании экстрактов до 20–30 раз методом выпаривания несколько повышали биологическую эффективность, но незначительно (на 10–20%), при этом максимальная гибель личинок (до 68–79%) наблюдалась при концентрации рабочего раствора 2%. Дальнейшее увеличение дозировки вызывало снижение их биологической эффективности, по-видимому, из-за проявления антифидантного эффекта.

В 2021 г. на группе сосущих тест-объектов членистоногих проведены испытания образцов на основе нескольких новых, не испытанных ранее, видов растений: бузина красная, белена и борщевик Сосновского. Испытания исходных экстрактов растений, как уже известных, так и новых видов растений-биопродуцентов токсинов, на грушево-зонтичной тле *Anuraphis pyrilaseri* Shap. в концентрации 1% не показали значимой эффективности, которая не превысила 25%, и только на вариантах с борщевиком достигла 40%. Концентрирование экстрактов до 10 раз методом упаривания, а также повышение концентрации рабочего раствора до 4–5% существенно не увеличило эффективность испытанных образцов. Был сделан вывод о неэффективности концентрированных экстрактов таких растений, как чемерица Лобеля и борщевик Сосновского по сравнению с исходными, где токсический эффект составлял 67–89%.

В экспериментах на обыкновенном паутином клеще было отмечено, что образцы на основе исходных экстрактов чемерицы Лобеля и борщевика Сосновского достигают биологической эффективности 100%, что на уровне инсектоакарицида Вертимек КЭ на основе авермектина (абамектин) при оптимальной технологической концентрации 1%. Экстракт смеси трав (чемерица Лобеля, тысячелистник, чистотел и полынь горькая в соотношении 7 : 1 : 1 : 1) также показал относительно высокую эффективность – до 81%.

Кроме того, было установлено, что на отдельных видах членистоногих (розовая тля *Macrosiphum rosae* F., обыкновенный паутиный клещ) возможно существенное снижение концентрации рабочего раствора образца на основе борщевика до 0,3% при достижении биологической эффективности 94,4–100%, что существенно не отличалось от эффективности препарата-эталона Вертимек – 100%.

На кизиловой тле были испытаны образцы экстрактов и препаративных форм на основе чемерицы Лобеля и борщевика Сосновского. Биологическая эффективность образцов экстрактов данных растений в концентрации рабочего раствора 1% была высокой (88,1–100%) и в большинстве случаев не уступала препарату-эталону Фитоверм, КЭ на основе аверсектина С. Высокую эффективность показали также исходные экстракты бархатцев после концентрирования упариванием в 3 раза – 85,1% и смеси трав после упаривания в 2 раза – 89,8%.

На капустной тле (*Brevicoryne brassicae* L.) биологическая эффективность образцов на основе исходных экстрактов борщевика, чемерицы Лобеля и смеси 4 трав в технологически оптимальной концентрации 1% составляла 93–98%, что было на уровне или выше эффективности препарата Вертимек. Концентрирование экстрактов, как правило, не приводило к повышению их эффективности.

### **Выводы**

На основе результатов экспериментальных исследований в качестве наиболее перспективных биопродуцентов токсинов можно выделить 2 образца: на основе чемерицы Лобеля и борщевика Сосновского, эффективность которых при лабораторных испытаниях не уступала химическому и биологическому инсектоакарицидам Вертимек и Фитоверм.

Учитывая показатели эффективности вышеуказанных образцов, считаем необходимым продолжать исследования по разработке технологии получения и практического использования новых биоцидных препаратов в борьбе с вредными членистоногими.

**Список источников**

1. Васильева Т.И., Иванова Г.П., Сухорученко Г.И. и др. Избирательная инсектицидная активность экстрактов растений // Защита растений в условиях реформирования агропромышленного комплекса: экономика, эффективность, экологичность: тезисы докладов Всероссийского съезда по защите растений (Санкт-Петербург, 04–09 декабря, 1995 г.). Санкт-Петербург: Всероссийский НИИ защиты растений РАСХН (Пушкин), 1995. С. 396.
2. Выявление инсектоакарицидного, рострегулирующего и других типов воздействия химических соединений на членистоногих: методические рекомендации; под. редакцией Кукуленко С.С., Андреева Е.И. Черкассы: НИИ ТЭХИМ, 1982. 62 с.
3. Каклюгин В.Я., Исмаилов В.Я., Иванова Т.С. и др. Биогенные препараты полифункционального действия для защиты растений от вредителей и болезней // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем: материалы докладов Международной науч.-практ. конф. (Краснодар, 29 сентября – 1 октября 2004 г.). Краснодар: ИП Дедкова С.А. (типография «Гранат»), 2004. Вып. 2. С. 325–328.
4. Коваленков В.Г., Тюрина Н.М. Методические рекомендации по мониторингу чувствительности фито- и энтомофагов к применяемым инсектицидам. Москва: Изд-во Россельхозакадемии, 2002. 32 с.
5. Химический состав лекарственных растений [Электронный ресурс] // Информационный портал Medinfo.Social. URL: [https://medinfo.social / farmakognoziya\\_873/himicheskiy-sostav-lekarstvennyih-34891.html](https://medinfo.social/farmakognoziya_873/himicheskiy-sostav-lekarstvennyih-34891.html) (дата обращения: 02.02.2022).
6. Смирнова И.М., Миронов В.Г. Применение хвойных препаратов для защиты яблони от вредителей // Защита растений в условиях реформирования агропромышленного комплекса: экономика, эффективность, экологичность: тезисы докладов Всероссийского съезда по защите растений (Санкт-Петербург, 04–09 декабря, 1995 г.). Санкт-Петербург: Всероссийский НИИ защиты растений РАСХН (Пушкин), 1995. С. 459–460.
7. Сундуков О.В., Филлипова О.А., Черменская Т.Д. и др. Акарицидное действие экстрактов растений // Защита растений в условиях реформирования агропромышленного комплекса: экономика, эффективность, экологичность: тезисы докладов Всероссийского съезда по защите растений (Санкт-Петербург, 04–09 декабря, 1995 г.). Санкт-Петербург: Всероссийский НИИ защиты растений РАСХН (Пушкин), 1995. С. 465–466.
8. Кач М.Т., Русакова Г.Г. Инсектицидные свойства аллилокоричного масла // Защита растений в условиях реформирования агропромышленного комплекса: экономика, эффективность, экологичность: тезисы докладов Всероссийского съезда по защите растений (Санкт-Петербург, 04–09 декабря, 1995 г.). Санкт-Петербург: Всероссийский НИИ защиты растений РАСХН (Пушкин), 1995. С. 466–467.
9. Шамшев И.В., Селицкая О.Г., Конюхов В.П. Репеллентное действие растительных экстрактов и эфирных масел на жуков-вредителей хранящегося зерна // Защита растений в условиях реформирования агропромышленного комплекса: экономика, эффективность, экологичность: тезисы докладов Всероссийского съезда по защите растений (Санкт-Петербург, 04–09 декабря, 1995 г.). Санкт-Петербург: Всероссийский НИИ защиты растений РАСХН (Пушкин), 1995. С. 477–478.
10. Щербаков Н.А., Талаш А.И., Исмаилов В.Я., Каклюгин В.Я. Перспективы применения Биостата в защите виноградников от вредных организмов // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем: материалы докладов Международной науч.-практ. конф. (Краснодар, 29 сентября – 1 октября 2004 г.). Краснодар: ИП Дедкова С.А. (типография «Гранат»), 2004. Вып. 2. С. 329–335.

**References**

1. Vasileva T.I., Ivanova G.P., Sukhoruchenko G.I., Konyukhov V.P., et al. Izbiratel'naya insekticidnaya aktivnost' ekstraktov rastenij [Selective insecticidal activity of plant extracts]. Zashchita rastenij v usloviyakh reformirovaniya agropromyslennogo kompleksa: ekonomika, effektivnost', ekologichnost': tezisy dokladov Vserossijskogo s'ezda po zashchite rastenij (St. Peterburg, 04-09 dekabrya 1995 g.) [Plant protection in the conditions of reforming the Agro-Industrial Complex: economics, efficiency, environmental friendliness: Scientific Conference Abstracts. All-Russian Congress on Plant Protection (St. Petersburg, December 04-09, 1995)]. St. Petersburg: All-Russian Research Institute of Plant Protection, RAAS (Pushkin); 1995:396. (In Russ.).
2. Vyyavlenie insektoakaritsidnogo, rostreguliruyushchego i drugikh tipov vozdeystviya khimicheskikh soedinenij na chlenistonogikh: metodicheskie rekomendatsii; pod. redaktsiej Kukulenko S.S., Andreeva E.I. [Identification of insectoacaricidal, growth-regulating and other types of exposure of chemical compounds to arthropods: methodological recommendations; edited by Kulenko S.S., Andreeva E.I.]. Cherkassy: Research Institute of Technical and Economic Research in Chemical Complex Press; 1982. 62 p. (In Russ.).
3. Kaklyugin V.Ya., Ismailov V.Ya., Ivanova T.S., et al. Biogennye preparaty polifunktsional'nogo dejstviya dlya zashchity rastenij ot vreditel'ej i boleznej [Biogenic preparations of polyfunctional action for plant protection from pests and diseases]. Biologicheskaya zashchita rastenij – osnova stabilizatsii agroekosistem: materialy dokladov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii (Krasnodar, 29 sentyabrya – 1 oktyabrya 2004 g.) [Biological protection of plants as the basis of stabilization of agroecosystems: Scientific Conference Abstracts. International Scientific and Practical Conference (Krasnodar, September 29 – October 1, 2004)]. Krasnodar: IP Dedkov S.A. (Granat Printing House), 2004;2:325-328. (In Russ.).
4. Kovalenkov V.G., Tyurina N.M. Metodicheskie rekomendatsii po monitoringu chuvstvitel'nosti fito- i entomofagov k primenyaemym insektisidam [Methodological recommendations for monitoring the sensitivity of phyto- and entomophages to the insecticides used]. Moscow: Publishing House of the Russian Academy of Agricultural Sciences; 2002. 32 p. (In Russ.).

5. Khimicheskij sostav lekarstvennykh rastenij [Chemical composition of medicinal plants]. Informacionnyj portal Medinfo.Social [Information portal Medinfo.Social]. URL: [https://medinfo.social/farmakognoziya-\\_873/himicheskij-sostav-lekarstvennyih-34891.html](https://medinfo.social/farmakognoziya-_873/himicheskij-sostav-lekarstvennyih-34891.html). (In Russ.).

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

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

8. Tkach M.T., Rusakova G.G. Insektitsidnye svojstva allilokorichnogo masla [Insecticidal properties of allylocoric oil]. Zashchita rastenij v usloviyakh reformirovaniya agropromyshlennogo kompleksa: ekonomika, effektivnost', ekologichnost': tezisy dokladov Vserossijskogo s"ezda po zashchite rastenij (St. Peterburg, 04-09 dekabrya 1995 g.) [Plant protection in the conditions of reforming the Agro-Industrial Complex: economics, efficiency, environmental friendliness: Scientific Conference Abstracts. All-Russian Congress on Plant Protection (St. Petersburg, December 04-09, 1995)]. Saint Petersburg: All-Russian Research Institute of Plant Protection, RAAS (Pushkin); 1995:466. (In Russ.).

9. Shamshev I.V., Selitskaya O.G., Konyukhov V.P. Repellentnoe dejstvie rastitelnykh ekstraktov i efirnykh masel na zhukov-vreditelej khraryashchegosya zerna [Repellent effect of plant extracts and essential oils on beetles of stored grain]. Zashchita rastenij v usloviyakh reformirovaniya agropromyshlennogo kompleksa: ekonomika, effektivnost', ekologichnost': tezisy dokladov Vserossijskogo s"ezda po zashchite rastenij (St. Peterburg, 04-09 dekabrya 1995 g.) [Plant protection in the conditions of reforming the Agro-Industrial Complex: economics, efficiency, environmental friendliness: Scientific Conference Abstracts. All-Russian Congress on Plant Protection (St. Petersburg, December 04-09, 1995)]. Saint Petersburg: All-Russian Research Institute of Plant Protection, RAAS (Pushkin); 1995:477. (In Russ.).

10. Shcherbakov N.A., Talash A.I., Ismailov V.Ya., Kaklyugin V.Ya. Perspektivy primeneniya Biostata v zashchite vinogradnikov ot vrednykh organizmov [Prospects of using Biostat in protecting vineyards from harmful organisms]. Biologicheskaya zashchita rastenij – osnova stabilizatsii agroekosistem: materialy dokladov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii (Krasnodar, 29 sentyabrya – 1 oktyabrya 2004 g.) [Biological protection of plants as the basis of stabilization of agroecosystems: Scientific Conference Abstracts. International Scientific and Practical Conference (Krasnodar, September 29 – October 1, 2004)]. Krasnodar: IP Dedkov S.A. (Granat Printing House), 2004;2:329-335. (In Russ.).

#### Информация об авторах

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

И.Ю. Бобрешова – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (Воронежская область), [biometod@mail.ru](mailto:biometod@mail.ru).

Ю.В. Каширских – старший лаборант ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (Воронежская область), [biometod@mail.ru](mailto:biometod@mail.ru).

#### Information about the authors

T.A. Ryabchinskaya, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher, All-Russian Research Institute for Plant Protection (Voronezh Oblast), [biometod@mail.ru](mailto:biometod@mail.ru).

I.Yu. Bobreshova, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, All-Russian Research Institute for Plant Protection (Voronezh Oblast), [biometod@mail.ru](mailto:biometod@mail.ru).

Yu.V. Kashirskikh, Senior Laboratory Assistant, All-Russian Research Institute of Plant Protection (Voronezh Oblast), [biometod@mail.ru](mailto:biometod@mail.ru).

Статья поступила в редакцию 16.03.2022; одобрена после рецензирования 28.04.2022; принята к публикации 12.05.2022.

The article was submitted 16.03.2022; approved after revision 28.04.2022; accepted for publication 12.05.2022.

© Рябчинская Т.А., Бобрешова И.Ю., Каширских Ю.В., 2022

Научная статья  
УДК 631.95+574.4  
DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2022\_2\_95

## Тяжелые металлы и мышьяк в дикорастущих растениях и растениеводческой продукции Балецкого рудного поля (Забайкальский край)

Мария Анатольевна Солодухина<sup>1</sup>, Игорь Евгеньевич Михеев<sup>2</sup>,  
Екатерина Анатольевна Банщикова<sup>3</sup>, Татьяна Витальевна Желибо<sup>4✉</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup>Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук, Чита, Россия

<sup>4</sup>zhelibo@mail.ru✉

**Аннотация.** Добыча полезных ископаемых приводит к интенсификации миграции химических элементов в компоненты окружающей среды. На больших площадях в селитебных ландшафтах наблюдается загрязнение всех компонентов ландшафтов химическими элементами I и II классов опасности. Летом 2020 г. сотрудниками ИПРЭК СО РАН было проведено маршрутное обследование территории природно-техногенной геохимической аномалии Балецкое рудное поле. Оценено состояние наземных экосистем, возможных источников антропогенного воздействия, отобраны и проанализированы образцы дикорастущих растений и растениеводческой продукции (овощи). Установлено, что растения и овощи, которые употребляются в пищу местным населением, нельзя считать безопасными. В листьях иван-чая узколистого (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.) выявлено превышение ПДК всех исследуемых элементов, кроме ртути. В листьях тимьяна даурского (*Thymus dahuricus* Serg.) обнаружено существенное превышение всех исследованных химических элементов, кроме ртути, аналогично и в грибах (кроме ртути и свинца). В овощах, реализуемых в г. Балецк, в целом из всех проб в выборке нет ни одной, полностью соответствующей нормативным документам. В клубнях очищенного от кожуры картофеля установлено превышение ПДК по ртути в 8,5 раза и небольшое – цинка. В кожуре картофеля отмечено превышение ПДК по мышьяку (до 58 ПДК), цинку (до 2,2 ПДК), кадмию (1,6 ПДК), свинцу (до 6,6 ПДК). В картофеле с кожурой превышен уровень ПДК по мышьяку и ртути. В пробе моркови установлено превышение ПДК по меди (более 6 ПДК), цинку (более 2,5 ПДК), мышьяку (1,5 ПДК) кадмию (2,3 ПДК) и свинцу (12 ПДК). Показано, что использование травянистой растительности с участков ПП-3, 4, 6 в качестве корма для домашних животных может быть опасно из-за высокого содержания цинка, мышьяка, ртути и свинца.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, мышьяк, овощи, грибы, иван-чай узколистый (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.), тимьян даурский (*Thymus dahuricus* Serg.), укосы травянистой растительности

**Для цитирования:** Солодухина М.А., Михеев И.Е., Банщикова Е.А., Желибо Т.В. Тяжелые металлы и мышьяк в дикорастущих растениях и растениеводческой продукции Балецкого рудного поля (Забайкальский край) // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 2(73). С. 95–104. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_2\\_95](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_95)–104.

## AGRICULTURAL CHEMISTRY (BIOLOGICAL SCIENCES)

Original article

## Heavy metals and arsenic in wild plants and plant products of the Baleyky ore field (Zabaykalsky Krai)

Maria A. Solodukhina<sup>1</sup>, Igor E. Mikheev<sup>2</sup>, Ekaterina A. Banshchikova<sup>3</sup>, Tatiana V. Zhelibo<sup>4✉</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup>Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Chita, Russia

<sup>4</sup>zhelibo@mail.ru✉

**Abstract.** Mining leads to the intensification of migration of chemical elements into the environment. Over large areas in residential landscapes, all landscape components are contaminated with chemical elements of hazard classes I and II. In the summer of 2020 the staff of the Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences conducted a route survey of the territory of the natural and technogenic geochemical anomaly of the Baleyky ore field. They assessed the status of terrestrial ecosystems and possible sources of anthropogenic impact. They have also collected and analyzed the samples of wild plants and crop products (vegetables). It has been established that plants and vegetables that are consumed by the local population cannot be considered safe. In the leaves of *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. the concentration of all chemical elements, except for mercury, exceeded the normal values. In the leaves of *Thymus dahuricus* Serg. there was also a significant excess of all investigated chemical elements, except for mercury.



A similar situation was with mushrooms, except for mercury and lead. In the city of Baley, in general, no vegetable samples fully complied with the regulatory documents. In the tubers of peeled potatoes the MPC for mercury was exceeded by 8.5 times and a small excess amount of zinc was found. In the potato peel the MPC was exceeded for arsenic (up to 58 MPC), zinc (up to 2.2 MPC), cadmium (1.6 MPC), and lead (up to 6.6 MPC). In potatoes with peel the level of MPC for arsenic and mercury was exceeded. In carrot samples the MPC was exceeded for copper (more than 6 MPC), zinc (more than 2.5 MPC), arsenic (1.5 MPC), cadmium (2.3 MPC), and lead (12 MPC). The use of herbaceous plants from plots PP-3, 4, and 6 as food for domestic animals can be dangerous due to the high content of zinc, arsenic, mercury, and lead.

**Key words:** heavy metals, arsenic, vegetables, mushrooms, *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., *Thymus dahuricus* Serg., grassland cutting

**For citation:** Solodukhina M.A., Mikheev I.E., Bانشchikova E.A., Zhelibo T.V. Heavy metals and arsenic in wild plants and plant products of the Baley sky ore field (Zabaykalsky Krai). *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(2):95-104. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_1\\_95-104](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_1_95-104).

**В**ведение  
Забайкальский край является биогеохимической провинцией, характеризующейся как дефицитом, так и избытком многих макро- и микроэлементов в почве, воде и растительности, что обусловлено геологическими и природно-климатическими особенностями [10]. Балеysкое рудное поле – природная геохимическая аномалия, сложное сочетание природно-антропогенных и селитебных ландшафтов. Здесь расположено с. Балеys с общей численностью населения 11 370 человек. На территории рудного поля расположены месторождения малоглубинной золотосеребряной формации, разработки которых начались еще в 1920 г. [21].

Геохимическая специализация рудного поля представлена следующим рядом зональности рудогенных элементов: Ag – As – Sb – Pb – Cu – Hg [2, 19]. По данным [6], в результате разработки месторождений Балеysкого рудного поля масса накопленных в хвостохранилищах горных пород составила: Балеysкая ЗИФ-1 – 10 000 тыс. т, Тасевская ЗИФ-2 – 23833,7 тыс. т.; площадь хвостохранилищ – соответственно 54 и 46 га [6]. Хвостохранилища расположены на территории городского поселения Балеys.

Исследования, проведенные в 2005 г. специалистами Государственного унитарного предприятия Читагеомониторинг, выявили на 90% территории района загрязнение компонентов окружающей среды свинцом, ртутью, серебром, мышьяком, цинком, никелем, медью, хромом, висмутом, барием, ванадием, марганцем. Техногенное загрязнение района исследования обусловлено производственно-хозяйственной деятельностью человека (добыча ископаемых, теплоэнергетика, транспорт), но во многом предопределено природно-климатическими особенностями. По данным [7], доля проб почвы, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, в селитебной зоне в Балеysком районе в 2019 г. составила 46,9%.

Согласно выводам, представленным в материалах Государственного доклада о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Забайкальском крае, в 2016 г. [7] наиболее высокий удельный вес продукции, не соответствующей гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, выявлен в 7 районах Забайкальского края, в том числе в Балеysком – 9,1%.

Растениеводческая продукция, выращенная на приусадебных участках в условиях устойчивого загрязнения, используется местным населением преимущественно для собственного потребления. Для выявления уровня загрязнения растениеводческой продукции и дикорастущих растений, которые используются на корм домашним животным, в июне 2020 г. сотрудниками ИПРЭК СО РАН было проведено маршрутное обследование территории природно-техногенной геохимической аномалии Балеysкое рудное поле. Выполнено описание растительности, выявлены охраняемые виды растений и их состояние. Оценено состояние наземных экосистем, возможные источники и визуальные признаки нарушения растительных сообществ, связанные с антропогенной

нагрузкой, отобраны и проанализированы образцы дикорастущих растений и растениеводческой продукции (овощи).

### **Материалы и методы**

Все этапы работ выполнены в соответствии с классическими методиками исследований [1, 5, 11, 12, 14, 15–18].

В ходе маршрутно-рекогносцировочного обследования всего было заложено 8 пробных площадей по 2500 м<sup>2</sup> для лесных сообществ и по 100 м<sup>2</sup> – для степных и антропогенно-нарушенных участков, границы которых были закреплены на местности при помощи системы спутниковой навигации (ошибка измерения GPS-приемника составляла ±5 м).

Выполнена фотофиксация пробных площадей (ПП), на лесных ПП – поярусное описание растительности древостоя, подроста, подлеска, травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового покрова.

Список растений приведен по сводке С.К. Черепанова (1995) с учетом изменений, принятых в 1–14 томах издания «Флора Сибири» [15–16].

На мониторинговых площадках проводилось уточнение параметров естественного состояния растительного мира, зональных особенностей; оценивалось наличие и состояние редких видов растений, выявлялись участки нарушенной и/или деградированной растительности, гарей, восстанавливающихся растительных сообществ, при этом учитывалось антропогенное воздействие и определялась стадия рекреационной дигрессии.

Для химического анализа отбирались пробы растительности (укосы), хвои и листьев с деревьев, произрастающих на пробных площадях. Отбор проб растений для химического анализа проводился по классическим методикам [5, 8].

Анализ растений и продуктов питания проведен методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на приборе ICP-MS Elan DRC II PerkinElmer (США) в Институте тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН. Во избежание подвижности летучих элементов пробы растений не озоляли, а непосредственно переводили в раствор. Для этого навеску пробы 0,1–0,25 г обрабатывали 5 см<sup>3</sup> концентрированной азотной кислоты и 2,5 см<sup>3</sup> перекиси водорода. Через 2 часа на плите, при медленном нагревании, раствор упаривали до влажных солей. Осадок обрабатывали несколькими каплями концентрированной азотной кислоты и перекисью водорода и снова упаривали на плите. Обработку повторяли до полного разложения пробы. Осадок растворяли разбавленной азотной кислотой, доводили до 50 см<sup>3</sup> в полипропиленовых пробирках. Полученный раствор измеряли на масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS). Предложенный метод пробоподготовки и анализа содержания мышьяка и других летучих химических элементов в растениях зарекомендовал себя как наиболее точный, так как отличается отсутствием потерь, неизбежно имеющих место при обычном способе озоления растений [20].

Описание флористического состава растительности на постоянных мониторинговых пробных площадях содержит:

1) характеристику видового состава растительных сообществ (определялась по сводке С.К. Черепанова (1995) с учетом изменений, принятых в 1–14 томах издания «Флора Сибири»);

2) усредненные показатели проективного покрытия (по системе балльных оценок, по шкале Браун-Бланке);

3) степень участия отдельных видов в травостое (определялась методами учета их относительного обилия (табл. 1) для каждого из видов растений по шкале Друде).

Таблица 1. Вертикальная структура и флористический состав травяно-кустарничковой растительности на постоянных мониторинговых пробных площадях

№ п/п	№ пробной площади	Видовое название растения	Среднее проективное покрытие, балл	Обилие
<b>Верхний травянистый ярус высотой &gt; 50 см</b>				
1	5	Анемонидиум вильчатый – <i>Anemonidium dichotomum</i> (L.) Holub	1	Sol
2	5	Бузульник сибирский – <i>Ligularia sibirica</i> (L.) Cass.	+	Un
3	1	Василисник вонючий – <i>Thalictrum foetidum</i> L.	2	Sp
4	2	Василистник ложнолепестковый – <i>Thalictrum petaloideum</i> L.	2	Sp
5	1	Вероника длиннолистная – <i>Veronica longifolia</i> L.	1	Sol
6	2	Вероника льнянколистная – <i>Veronica linariifolia</i> Pall. ex Link	1	Sol
7	2	Вероничник сибирский – <i>Veronicastrum sibiricum</i> (L.) Pennell	+	Un
8	2	Володушка длиннолучевая – <i>Bupleurum longiradiatum</i> Turcz.	+	Un
9	1, 4	Горошек лжесочевниковый – <i>Vicia pseudorobus</i> Fisch & C.A. Mey.	1	Sol
10	2, 3	Горошек однопарный – <i>Vicia unijuga</i> A. Braun	1	Sol
11	5	Гравилат алеппский – <i>Geum aleppicum</i> Jacq.	+	Un
12	6, 8	Донник ароматный – <i>Melilotus suaveolens</i> Ledeb.	1	Sol
13	2	Зопник клубневой – <i>Phlomis tuberosa</i> L.	1	Sol
14	8	Кострец сибирский – <i>Bromopsis sibirica</i> (Drobov) Peschkova	1	Sol
15	7, 8	Крапива узколистная – <i>Urtica angustifolia</i> Fisch. ex Hornem.	2	Sp
16	1, 4, 2, 5	Кровохлебка лекарственная – <i>Sanguisorba officinalis</i> L.	1	Un
17	1, 4	Лабазник дланевидный – <i>Filipendula palmata</i> (Pall.) Maxim.	1	Sol
18	1, 4	Недоспелка копьевидная – <i>Cacalia hastata</i> L.	1	Sol
19	3	Осот огородный – <i>Parasenecio hastatus</i> (L.) H. Koyama	+	Un
20	ФМ-1	Подмаренник настоящий – <i>Galium verum</i> L.	1	Sol
21	1, 2	Подмаренник цепкий – <i>Galium aparine</i> L.	1	Sol
22	3, 6, 8	Полынь замещающая – <i>Artemisia commutata</i> Besser	1	Sol
23	3, 6	Полынь пижмолистная – <i>Artemisia tanacetifolia</i> L.	1	Sol
24	3, 7, 8	Пырейник сибирский – <i>Elymus sibiricus</i> L.	1/2	Sol/Sp
25	1	Соссюрея вытянутая – <i>Saussurea elongata</i> DC.	1	Sol
26	3, 8	Соссюрея горькая – <i>Saussurea amara</i> (L.) DC.	1/+	Sol/Un
27	2	Соссюрея хорошенькая – <i>Saussurea pulchella</i> (Fisch.) Fisch. ex Colla	1	Sol
28	2	Таран растопыренный – <i>Aconogonon divaricatum</i> (L.) Nakai ex Mori	1	Sol
29	1	Чемерица черная – <i>Veratrum nigrum</i> L.	+	Un
30	8	Чистотел большой – <i>Chelidonium majus</i> L.	+	Un
31	5	Чихотник альпийский – <i>Ptarmica alpina</i> (L.) DC.	+	Un

## АГРОНОМИЯ

Средний травянистый ярус высотой 25–50 см				
32	3	Володушка двустебельная – <i>Bupleurum bicaule</i> Helm	1	Sol
33	6	Вероника седая – <i>Veronica incana</i> L.	1	Sol
34	1, 2	Ветреница лесная – <i>Anemone sylvestris</i> L.	1	Sol
35	8	Герань даурская – <i>Geranium dahuricum</i> DC.	+	Un
36	4	Герань сибирская – <i>Geranium sibiricum</i> L.	+	Un
37	2	Дендрантема Завадского – <i>Dendranthemum zawadskii</i> (Herbisch) Tzvel.	1	Sol
38	5	Звездчатка двуцветная – <i>Stellaria discolor</i> Turcz.	1	Sol
39	2	Иксеридиум злаковидный – <i>Ixeridium graminea</i> (Fisch.) Tzvel.	1	Sol
40	2	Козелец австрийский – <i>Scorzonera austriaca</i> Willd.	+	Un
41	3	Козелец лучистый – <i>Scorzonera radiata</i> Fisch. ex Ledeb.	+	Un
42	2, 3, 6	Клевер люпиновый – <i>Lupinaster pentaphyllus</i> Moench	1	Sol
43	1	Купена душистая – <i>Polygonatum odoratum</i> (Mill.) Druce	+	Un
44	3, 6–8	Лапчатка полуголая – <i>Potentilla semiglabra</i> Juz.	1/+	Sol/Un
45	2, 3, 6, 8	Лапчатка рябинколистная – <i>Potentilla tanacetifolia</i> Willd. ex Schlecht.	1–3	Sol/Sp
46	2	Лук стареющий – <i>Allium senescens</i> L.	1	Sol
47	1, 4	Майник двулистный – <i>Maianthemum bifolium</i> (L.) F.W. Schmidt	1	Sol
48	2, 3, 6	Мак голостебельный – <i>Papaver nudicaule</i> L.	+	Un
49	8	Марь сизая – <i>Chenopodium glaucum</i> L.	1	Sol
50	3	Мелилотоидес русский – <i>Melilotoides ruthenicus</i> (L.) Sojak	+	Un
51	2	Мята даурская – <i>Mentha dahurica</i> Benth.	+	Un
52	2, 6	Незабудочник седой – <i>Eritrichium incanum</i> A. DC.	+	Un
53	2	Одуванчик лекарственный – <i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg.	1	Sol
54	3, 8	Одуванчик роганосный – <i>Taraxacum ceratophorum</i> (Ledeb.) DC.	1	Sol
55	1–8	Осока стоповидная – <i>Carex pediformis</i> C.A. Mey.	1–3	Sol/Sp
56	3, 6	Остролодочник тысячелистный – <i>Oxytropis myriophylla</i> (Pall.) DC.	+/1	Un/Sol
57	2	Очиток живучий – <i>Sedum aizoon</i> L.	+	Un
58	5, 7, 8	Подорожник прижатый – <i>Plantago depressa</i> Schlecht.	1	Sol
59	5	Полынь болотная – <i>Artemisia palustris</i> L.	1	Sol
60	3	Полынь укрополистная – <i>Artemisia anethifolia</i> Weber ex Stechm.	1	Sol
61	6, 8	Полынь холодная – <i>Artemisia frigida</i> Willd.	1	Sol
62	2	Пепельник цельнолистный – <i>Terhrosaris integrifolia</i> L. Holub	1	Sol
63	2, 3, 6	Прострел многонадрезный – <i>Pulsatilla multifida</i> (Pritz.) Juz.	1	Sol
64	2	Стеллера карликовая – <i>Stellera chamaejasme</i> L.	1	Sol
65	3, 8	Тонконог гребенчатый – <i>Koeleria cristata</i> (L.) Pers.	1	Sol
66	1, 4	Хвощ лесной – <i>Equisetum sylvaticum</i> L.	1	Sol
67	5	Хвощ полевой – <i>Equisetum arvense</i> L.	1	Sol
68	6, 8	Чина приземистая – <i>Lathyrus humilis</i> (Ser.) Spreng.	1	Sol

Нижний травянистый ярус высотой 5–25 см				
69	2	Астра альпийская – <i>Aster alpinus</i> L.	1	Sol
70	6	Горноколючник колючий – <i>Orostachys spinosa</i> (L.) C.A. Mey.	1	Sol
71	1, 4	Грушанка копытнелистная – <i>Pyrola asarifolia</i> Michaux	2	Sp
72	2	Земляника восточная – <i>Fragaria orientalis</i> Losinsk.	1	Sol
73	4	Костяника хмелелистная – <i>Rubus humulifolius</i> C.A. Mey.	2	Sp
74	3	Осока твердоватая – <i>Carex duriuscula</i> C.A. Mey.	+	Un
75	3	Проломник нитевидный – <i>Androsace filiformis</i> Retz.	1	Sol
76	2	Сокольника даурская – <i>Dasystephana dahurica</i> (Fish.) Zuev	+	Un
77	1, 4	Седмичник европейский – <i>Trientalis europaea</i> L.	1	Sol
78	6	Тимьян даурский – <i>Thymus dahuricus</i> Serg.	2	Sp
79	1	Фиалка сахалинская – <i>Viola sacchalinesis</i> H. Boissieu	+	Un

### Результаты и их обсуждение

В таблице 2 представлены результаты изучения содержания химических элементов в продуктах питания и растениях, которые употребляются местным населением в пищу.

Таблица 2. Содержание химических элементов в листьях *Chamaenerion angustifolium*, *Thymus dahuricus*, а также грибах и овощах, мг/кг

Шифр пробы/ место отбора проб	Биообъект	Химический элемент/ПДК					
		Cu/5	Zn/10	As/0,2/1,0*	Cd/0,03	Hg/0,02/0,1*	Pb/0,5
Б-20, Бaley	<i>Chamaenerion angustifolium</i> зеленый	<b>5,09</b>	<b>10,59</b>	0,25	0,01	0,05	0,44
	<i>Chamaenerion angustifolium</i> черный	3,19	<b>11,71</b>	0,88	0,01	0,06	0,42
Б-20, Бaley, Ториевый карьер	<i>Chamaenerion angustifolium</i> , листья	<b>21,67</b>	<b>23,93</b>	<b>2,35</b>	<b>0,05</b>	0,04	<b>2,36</b>
	<i>Thymus dahuricus</i>	<b>7,64</b>	<b>32,99</b>	<b>2,41</b>	<b>0,07</b>	0,03	<b>0,93</b>
	Грибы (маслята)	<b>9,95</b>	<b>63,88</b>	<b>3,33</b>	<b>1,46</b>	0,001	0,3
Б-20, Бaley, ПП-2	<i>Chamaenerion angustifolium</i> , листья	4,75	<b>17,48</b>	0,64	<b>0,04</b>	0,03	0,14
Б-20, Бaley	Морковь с кожурой	<b>32,49</b>	<b>25,57</b>	<b>0,37</b>	<b>0,07</b>	0,02	<b>6,01</b>
	Кожура картофеля	2,85	<b>12,45</b>	<b>0,96</b>	0,01	0,01	<b>0,51</b>
	Картофель с кожурой	2,21	9,22	<b>0,47</b>	0,01	0,03	0,18
	Картофель очищенный	2,57	9,24	0,02	0,01	0,01	<b>0,53</b>
	Картофель с кожурой (ул. Шилкинская, 33а)	1,25	9,77	<b>1,52</b>	0,01	<b>0,05</b>	0,36
	Картофель очищенный ул. Шилкинская 33а	1,65	8,41	0,10	0,01	<b>0,17</b>	<0,001
	Кожура картофеля (ул. Шилкинская, 33а)	3,95	<b>22,61</b>	<b>11,67</b>	<b>0,05</b>	0,04	3,31
Б-20 с. Ундино	Картофель с кожурой	1,33	<b>12,82</b>	0,16	0,02	<b>0,11</b>	0,22
	Картофель очищенный	0,17	7,23	0,06	0,02	0,02	0,05
	Кожура картофеля	<b>10,07</b>	<b>20,37</b>	<b>0,44</b>	<b>0,06</b>	0,002	<b>1,62</b>

Примечание: выделены значения, превышающие ПДК, согласно [13] и [3];

\* – ПДК для чая [13].

В пробе *Chamaenerion angustifolium* зеленого установлено незначительное превышение ПДК по меди и цинку, в пробе *Chamaenerion angustifolium* черного – превышение ПДК только по цинку.

В листьях *Chamaenerion angustifolium*, отобранных на территории Ториевого карьера установлено превышение ПДК по всем исследуемым элементам, кроме ртути; в аналогичных образцах с участка ПП-2 – превышение содержания только цинка 1,7 ПДК; в листьях *Thymus dahuricus* – существенное превышение по всем химическим элементам, кроме ртути; аналогично и в грибах – за исключением ртути и свинца.

*Овощи г. Балей.* В целом из всех проб в выборке нет ни одной, полностью соответствующей нормативным документам. В клубнях очищенного от кожуры картофеля установлено превышение ПДК по ртути в 8,5 раза и небольшое – по цинку; в кожуре картофеля отмечено превышение ПДК по мышьяку (до 58 ПДК), цинку (до 2,2 ПДК), кадмию (1,6 ПДК), свинцу (до 6,6 ПДК); в картофеле с кожурой превышен уровень ПДК по мышьяку и ртути.

В пробе моркови установлено превышение ПДК по меди (более 6 ПДК), цинку (более 2,5 ПДК), мышьяку (1,5 ПДК), кадмию (2,3 ПДК) и свинцу (12 ПДК).

Данные по с. Ундино приведены для сравнения. В пробах картофеля обнаружены все исследованные химические элементы в тех или иных концентрациях; в картофеле без кожуры их содержание находилось в пределах нормы; в кожуре отмечено превышение по всем элементам, кроме ртути; в картофеле целиком – превышение ПДК по ртути и цинку.

*Дикорастущие растения.* Широкое распространение мышьяка в растительных образцах говорит о наличии вторичного ореола рассеяния и интенсификации миграции, связанной с антропогенным воздействием (табл. 3).

Таблица 3. Содержание химических элементов в биообъектах, мг/кг

Участок отбора проб	Биообъект	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
Б-20/ПП-1	Листья березы	7,93	61,63	<b>0,41</b>	0,08	0,03	0,56
Б-20/ПП-1	Укос	6,27	21,26	0,14	0,04	0,03	0,24
Б-20/ПП-2	Листья березы	3,24	55,79	<0,001	0,06	0,01	0,03
Б-20/ПП-2	Укос	4,65	22,38	0,26	0,03	0,001	0,33
Б-20/ПП-3	Листья деревьев	4,90	110,99	0,08	0,26	0,07	0,08
Б-20/ПП-3	Укос	7,04	21,18	0,30	0,14	0,02	<b>0,82</b>
Б-20/ПП-3	Хвоя сосны	2,30	32,25	<b>0,35</b>	0,04	0,01	0,23
Б-20/ПП-4	Листья березы	<b>17,58</b>	73,96	<b>0,23</b>	0,05	0,01	4,16
Б-20/ПП-4	Укос	8,22	25,54	0,31	0,05	0,01	<b>5,51</b>
Б-20/ПП-5	Листья березы	4,76	120,97	0,09	0,03	0,01	0,09
Б-20/ПП-6	Хвоя сосны	1,31	19,90	<b>0,31</b>	0,03	0,002	0,41
Б-20/ПП-6	Листья деревьев	4,55	77,37	0,12	0,15	0,04	0,08
Б-20/ПП-6	Укос	6,08	19,85	<b>0,74</b>	0,04	0,04	<b>2,68</b>
Б-20/ПП-7	Листья березы	5,21	144,26	0,13	0,16	0,03	0,12
Б-20/ПП-7	Укос	3,85	25,27	0,42	0,02	0,02	0,44
Б-20/ПП-8	Листья тополя	6,49	143,22	<b>0,39</b>	0,48	0,01	0,16
Б-20/ПП-8	Полынь	7,92	<b>50,52</b>	<b>0,71</b>	0,13	0,02	0,75
Б-20/ПП-8	Укос	7,76	33,77	0,36	0,03	0,01	0,29
Кларк растительности по [9]		до 10	до 350	0,2	до 0,66	до 0,1	до 8
Временный максимально допустимый уровень по [4]		30	50	0,5	0,3	0,05	0,5

Примечание: выделено содержание, превышающее норму: для деревьев – кларк, для укосов – по [4].

Высокое содержание цинка, мышьяка и свинца в растениях полностью отражает геохимическую специализацию района исследования.

Учитывая высокое содержание отдельных химических элементов (мышьяк и медь) на участках отбора проб ПП-1 и ПП-4, эти точки следует считать условно фоновыми для биогеохимических исследований.

Содержание ртути в дикорастущих растениях не превышает мировое фоновое.

Использование травянистой растительности с участков ПП-3, 4, 6 в качестве корма для домашних животных может быть опасно из-за высокого содержания цинка, мышьяка, ртути и свинца.

### **Выводы**

Выявленный химический состав овощей и дикорастущих растений отражает геохимическую специализацию рудного района.

Особую обеспокоенность вызывает высокое содержание меди, цинка, мышьяка, кадмия, ртути и свинца в продуктах питания (овожах, *Chamaenerion angustifolium*, *Thymus dahuricus*, грибах).

Продукция растениеводства (овощи) не может считаться безопасной, так как более 50% проб не соответствуют требованиям нормативных документов по содержанию изученных химических элементов.

Результаты исследования свидетельствуют о необходимости контроля за содержанием ксенобиотиков в растениеводческой продукции.

После детального изучения этой проблемы необходимо разработать программу для минимизации воздействия опасных веществ на здоровье местного населения.

### **Список источников**

1. Алехин В.В., Сырейчиков Д.П. Методика полевых ботанических исследований. Вологда: Северный печатник, 1926. 69 с.
2. Балеysкое рудное поле (геология, минералогия, вопросы генезиса). Москва, 1984. 271 с.
3. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов; ред. В.А. Филова. В 2-х т.: справочник. Ленинград: Химия, 1988. 512 с.
4. Временный максимально допустимый уровень (МДУ) некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках (утв. Главным управлением ветеринарии Государственного агропромышленного комитета СССР 7 августа 1987 г.) [Электронный ресурс]. URL: <https://files.stroyinf.ru/> (дата обращения: 25.01.2021).
5. ГОСТ 27262-87. Корма растительного происхождения. Методы отбора проб. Москва: ИПК Изд-во стандартов, 2002. 9 с.
6. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды в Читинской области за 1997 г. и некоторые итоги охраны природы за 1988–1997 гг. Чита: Госкомэкологии, 1998. 216 с.
7. Государственный доклад о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Забайкальском крае в 2016 году. Чита: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Забайкальскому краю, 2020. 219 с.
8. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. М-во геологии СССР. Москва: Недра, 1983. 191 с.
9. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в растениях; пер. с англ. Москва: Мир, 1989. 439 с.
10. Михайлова Л.А., Солодухина М.А. Природные и антропогенные геохимические аномалии Забайкальского края // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 5. С. 310.
11. Методика оценки последствий крупных лесных пожаров. Москва: ВНИИ ГОЧС, 1996. 13 с.
12. Методология исследований лесных экосистем: методическое пособие / Сост. Е.Н. Пилипко. Вологда-Молочное: ИЦ ВГМХА, 2013. 103 с.

13. О безопасности пищевой продукции: Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011, утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 880 [Электронный ресурс]. URL: <https://cnd.ru/> (дата обращения: 25.01.2021).
14. Об утверждении Перечня объектов растительного мира, занесенных в Красную книгу Забайкальского края (с изменениями на 28 августа 2018 года): Постановление Правительства Забайкальского края от 16 февраля 2010 г. № 52 [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cnd.ru/document/550189017> (дата обращения: 12.01.2022).
15. Флора Сибири: в 14 т.; под ред. Л.И. Малышева, Г.А. Пешковой. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение РАН, 1988–2003.
16. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). Санкт-Петербург: Мир и семья, 1995. 990 с.
17. Чураков Б.П., Чураков Д.Б. Фитопатология: учебник. Москва: ГОУ ВПО МГУЛ, 2007. 424 с.
18. Шамрай С.Н., Глущенко В.И. Основы полевых исследований в фитопатологии и фитоиммунологии: учебно-методическое пособие. Харьков: ХНУ им. В.Н. Каразина, 2006. 64 с.
19. Юргенсон Г.А., Грабеклис Р.В. Балейское рудное поле // Месторождения Забайкалья. Чита – Москва, 1995. Т. 1, Кн. 2. С. 19–32.
20. Юргенсон Г.А., Гудкова О.В., Солодухина М.А., Филенко Р.А., Смирнов А.А. К методологии комплексного исследования геотехногенных ландшафтов исторических горнорудных районов // Вестник Российского фонда фундаментальных исследований. 2007. № 1. С. 66.
21. Юргенсон Г.А. Минеральное сырье Забайкалья: учебное пособие. Ч. 1. Кн. 3. Благородные металлы. Чита: Поиск, 2008. 256 с.

### References

1. Alekhin V.V., Syreishchikov D.P. Metodika polevykh botanicheskikh issledovaniy [Methodology of field botanical research]. Vologda: Severnyy Pechatnik; 1926. 69 p. (In Russ.).
2. Balejskoe rudnoe pole (geologiya, mineralogiya, voprosy genezisa) [Baleyskoye ore field (geology, mineralogy, genesis issues)]. Moscow; 1984. 271 p. (In Russ.).
3. Vrednye khimicheskie veshchestva. Neorganicheskie soedineniya elementov. Spravochnik [Harmful chemicals. Inorganic compounds of elements. Guide Book]. Under the editorship of V.A. Filov (in 2 vols.) Leningrad: Khimiya; 1988. 512 p. (In Russ.).
4. Vremennyy maksimal'no dopustimyy uroven' (MDU) nekotorykh khimicheskikh elementov i gossipola v kormakh dlya sel'skokhozyajstvennykh zhivotnykh i kormovykh dobavkakh (utv. Glavnym upravleniem veterinarii Gosudarstvennogo agropromyshlennogo komiteta SSSR 7 avgusta 1987 g.) [Temporary maximum residues level (MRL) of some chemical elements and gossypol in feeds for farm animals and feed additives (approved by the Main Veterinary Administration of the State Agro-Industrial Committee of the USSR on August 7, 1987)]. URL: <https://files.stroyinf.ru/> (In Russ.).
5. GOST 27262-87. Korma rastitel'nogo proiskhozhdeniya. Metody otbora prob [Vegetable feeds. Sampling methods]. Moscow: IPK Izdatel'stvo standartov; 2002. 9 p. (In Russ.).
6. Gosudarstvennyy doklad o sostoyanii okruzhayushchej prirodnoj sredy v Chitinskoj oblasti za 1997 g. i nekotorye itogi okhrany prirody za 1988-1997 gg. [State Report on the Status of the Environment in Chita Oblast for 1997 and Some Results of Nature Protection for 1988-1997]. Chita: Goskomekologii; 1998. 216 p. (In Russ.).
7. Gosudarstvennyy doklad o sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Zabajkal'skom krae v 2016 godu / Upravlenie Federal'noj sluzhby po nadzoru v sfere zashchity prav potrebitel'j i blagopoluchiya cheloveka po Zabajkal'skomu krayu [State Report on the Status of Sanitary and Epidemiological Welfare of the Population in Zabaikalsky Krai in 2016 / Department of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare in Zabaikalsky Krai]. Chita; 2020. 219 p. (In Russ.).
8. Instruksiya po geokhimicheskim metodam poiskov rudnykh mestorozhdenij. M-vo geologii SSSR [Instruction on geochemical methods of ore deposit exploration. USSR Ministry of Geology]. Moscow: Nedra; 1983. 191 p. (In Russ.).
9. Kabata-Pendias A., Pendias Kh. Mikroelementy v rasteniyakh: per. s ang. [Micronutrients in Plants: translated from English]. Moscow: Mir; 1989. 439 p. (In Russ.).
10. Mikhaylova L.A., Solodukhina M.A. Prirodnye i antropogennye geokhimicheskie anomalii Zabajkal'skogo kraja [Geochemical environment and public health in the Zabaykalye region]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya = Modern Problems of Science and Education*. 2016;(5):310. (In Russ.).
11. Metodika otsenki posledstvij krupnykh lesnykh pozharov [Methodology for Assessing the Consequences of Large Forest Fires]. Moscow: VNII of Civil Defense and Emergencies; 1996. 13 p. (In Russ.).
12. Metodologiya issledovaniy lesnykh ekosistem: metodicheskoe posobie ; Sost. E.N. Pilipko [Methodology of research of forest ecosystems: Instructional Guide. Contributing editor E.N. Pilipko]. Vologda-Molochnoe: Information Centre of Vologda State Dairy Farming Academy; 2013. 103 p. (In Russ.).
13. О безопасности пищевых продуктов: Технический регламент таможенного союза ТР ТС 021/2011 [On the safety of food products. Technical Regulation of the Customs Union TR CU 021/2011]. URL: <https://cnd.ru/> (In Russ.).



14. Ob utverzhdenii Perechnya ob"ektov rastitel'nogo mira, zanesennykh v Krasnuyu knigu Zabajkal'skogo kraya (s izmeneniyami na 28 avgusta 2018 goda): Postanovlenie Pravitel'stva Zabajkal'skogo kraya [On approval of the List of flora objects included in the Red Book of Zabaikalsky Krai (as amended on August 28, 2018): Decree of the Government of Zabaikalsky Krai]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/550189017>.
15. Flora Sibiri v 14 t.; pod red. L.I. Malysheva, G.A. Peshkovoy [Flora of Siberia in 14 vols.; edited by L.I. Malyshev, G.A. Peshkova]. Novosibirsk: Nauka. Siberian Head Office of RAS; 1988-2003.
16. Cherepanov S.K. Sosudistye rasteniya Rossii i sopredel'nykh gosudarstv (v predelakh byvshego SSSR) [Vascular plants of Russia and neighboring states (within the former USSR)]. Saint Petersburg: Mir i Sem'ya; 1995. 990 p. (In Russ.).
17. Churakov B.P., Churakov D.B. Fitopatologiya: uchebnik [Phytopathology: Textbook]. Moscow: Moscow State Forestry University Press; 2007. 424 p. (In Russ.).
18. Shamray S.N., Glushchenko V.I. Osnovy polevykh issledovaniy v fitopatologii i fitoimmunologii: uchebno-metodicheskoe posobie [Fundamentals of Field Research in Phytopathology and Phytoimmunology: Study Guide]. Kharkiv: Kharkiv National University named after V.N. Karazin; 2006. 64 p. (In Russ.).
19. Yurgenson G.A., Grabeklis R.V. Baleyskoe rudnoe pole. In Mestorozhdeniya Zabajkal'ya [Baleyskoye ore field in the book Deposits of Transbaikal]. Chita – Moscow; 1995; Vol. I, Book 2:19-32. (In Russ.).
20. Yurgenson G.A., Gudkova O.V., Solodukhina M.A., Filenko R.A., Smirnov A.A. K metodologii kompleksnogo issledovaniya geotekhnogennykh landshaftov istoricheskikh gornorudnykh rajonov [Toward a methodology for a comprehensive study of geotechnogenic landscapes of historical mining areas]. Prirodnye resursy Zabajkal'ya i problemy geosfernykh issledovaniy: materialy nauchnoj konferentsii, posvyashchennoj 25-letiyu Instituta prirodnnykh resursov, ekologii i kriologii SO RAN i pamyati chlena-korrespondenta AN SSSR Fedora Petrovicha Krendeleva (Chita, 12-15 iyunya 2006 g.) [Natural Resources of Transbaikal and problems of Geospheric Research: Proceedings of Scientific Conference dedicated to the 25th anniversary of the Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS and the memory of Corresponding Member of the USSR Academy of Sciences Fyodor Petrovich Krendelev (Chita, June 12-15, 2006)]. Chita: Transbaikal State Humanitarian and Pedagogical University Press; 2006:287-290. (In Russ.).
21. Yurgenson G.A. Mineral'noe syr'e Zabajkal'ya: uchebnoe posobie. Chast' I. Kniga 3. Blagorodnye metally [Mineral raw materials of Transbaikal: Study Guide. Part I. Book 3. Noble metals]. Chita: Poisk; 2008. 256 p. (In Russ.).

#### Информация об авторах

М.А. Солодухина – кандидат географических наук, старший научный сотрудник лаборатории геохимии и рудогенеза ФГБУН «Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук», [mabn@ya.ru](mailto:mabn@ya.ru).

И.Е. Михеев – кандидат географических наук, директор ФГБУН «Института природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук», [miheevi@mail.ru](mailto:miheevi@mail.ru).

Е.А. Банщикова – младший научный сотрудник лаборатории географии и регионального природопользования ФГБУН «Института природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук», [kait1986@mail.ru](mailto:kait1986@mail.ru).

Т.В. Желибо – аспирант, младший научный сотрудник лаборатории географии и регионального природопользования ФГБУН «Института природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук», [zhelibo@mail.ru](mailto:zhelibo@mail.ru).

#### Information about the authors

M.A. Solodukhina, Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Geochemistry and Ore Genesis, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, [mabn@ya.ru](mailto:mabn@ya.ru).

I.E. Mikheev, Candidate of Geographical Sciences, Director, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, [miheevi@mail.ru](mailto:miheevi@mail.ru).

E.A. Banshchikova, Junior Researcher, Laboratory of Geography and Regional Nature Management, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, [kait1986@mail.ru](mailto:kait1986@mail.ru).

T.V. Zhelibo, Postgraduate Student, Junior Researcher, Laboratory of Geography and Regional Nature Management, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, [zhelibo@mail.ru](mailto:zhelibo@mail.ru).

Статья поступила в редакцию 25.03.2022; одобрена после рецензирования 05.05.2022; принята к публикации 27.05.2022.

The article was submitted 25.03.2022; approved after revision 05.05.2022; accepted for publication 27.05.2022.

© Солодухина М.А., Михеев И.Е., Банщикова Е.А., Желибо Т.В., 2022

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НАРОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ  
(ПО ОТРАСЛЯМ И СФЕРАМ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ)  
(ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья  
УДК 330.34.01:338.43  
DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2022\_2\_105

**Современная концепция экономического развития:  
направления, модели, роль аграрного сектора**

**Александр Александрович Тютюников<sup>1✉</sup>, Татьяна Васильевна Закшевская<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-Черноземного района – филиал ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр имени В.В. Докучаева», Воронеж, Россия

<sup>2</sup>Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия  
<sup>1</sup>tytnn@rambler.ru✉

**Аннотация.** Приведены обзор и обобщение избранного ряда научных работ, посвященных современной проблематике экономического роста и развития. Предпринята попытка структурировать и синтезировать научное знание, накопленное в данной предметной области. Основные направления современной теории экономического развития были рассмотрены с позиций разницы во взглядах на сущность феномена экономического развития, в подходах к сегментированию факторного пространства экономического роста и развития, в аналитических и методологических предпочтениях исследовательских программ, а также в предлагаемых механизмах и инструментах управления экономическим развитием. Отдельное внимание было уделено роли аграрного сектора экономики, рассматриваемого в качестве источника факторов и условий экономического развития. Для выполнения данных задач были изучены модели экономического роста и развития, предложенные в рамках конкурирующих концепций. В результате проведенного исследования были очерчены и обобщенно охарактеризованы пять основных течений современной теории экономического развития: 1) теория линейных стадий роста, основанная на синтезе неокейнсианской экономической теории, формационного подхода и идеологии «большого толчка»; 2) теория структурных изменений, сконцентрированная на поисках путей улучшающей трансформации неоднородного экономического пространства; 3) теория зависимого развития, ставящая во главу угла центр-периферийные дуалистические отношения разделения труда и экономической эксплуатации между странами, регионами и территориями; 4) неоклассическая теория развития, основанная на идеологии свободного рынка и исследованиях ограниченного круга макроэкономических факторов, подлежащих регулированию в рамках рыночно ориентированной государственной политики; 5) институциональная теория развития, в рамках которой изучаются изменения механизмов воспроизводства устоявшихся практик, правил и ограничений социально-экономических взаимодействий.

**Ключевые слова:** экономическое развитие, экономический рост, модели экономического развития, теория линейных стадий роста, теория структурных изменений, теория зависимого развития, неоклассическая теория развития, институциональная теория развития

**Для цитирования:** Тютюников А.А., Закшевская Т.В. Современная концепция экономического развития: направления, модели, роль аграрного сектора // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 2(73). С. 105–125. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_2\\_105-125](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_105-125).

ECONOMICS AND MANAGEMENT OF THE NATIONAL ECONOMY  
(BY BRANCHES AND FIELDS OF ACTIVITY)  
(ECONOMIC SCIENCES)

Original article

**Contemporary concept of economic development:  
tendencies, models and agricultural sector role**

**Aleksandr A. Tiutiunikov<sup>1✉</sup>, Tatiana V. Zakshevskaia<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Research Institute of Economics and Organization of Agro-Industrial Complex of Central Black Earth Region – Branch of Federal Government Budgetary Scientific Institution “Voronezh Federal Agricultural Scientific Centre named after V.V. Dokuchaev”, Voronezh, Russia

<sup>2</sup>Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia  
<sup>1</sup>tytnn@rambler.ru✉

**Abstract.** The authors provide an overview and generalization of a selected number of scientific papers devoted to modern problems of economic growth and development; made an attempt to present in a structured fashion and synthesize scientific knowledge accumulated in area under discussion; considered main directions of the modern economic development theory, from the standpoint of the difference in views on economic development phenomenon essence, in approaches to segmenting the factor space of economic growth and development, in the analytical and methodological preferences of research programs, as well as in the proposed mechanisms and tools for managing economic development. Special attention was paid to the agricultural sector considered as a source of economic development factors and conditions. To accomplish these tasks, economic growth and development models proposed within the competing framework concepts were studied. As a result of the study, five main currents of the modern economic development theory were outlined and generally characterized: 1) the linear-stages theory, based on the synthesis of neo-Keynesian economic theory, the socio-formational approach and the big push concept; 2) the structural-changes theory, focused on finding ways to improving transformation of heterogeneous economic space; 3) the dependence theory, which points the center-periphery dualistic relations of the labor division and economic exploitation between countries, regions and territories; 4) neoclassical theory of development, based on the free market ideology and studies of macroeconomic factors limited range that are subject to regulation within the market-oriented state policy framework; 5) institutional theory of development, which studies changes in the reproduction mechanisms of established practices, rules and restrictions of socio-economic interactions.

**Keywords:** economic development, economic growth, models of economic development, linear-stages theory, structural-changes theory, dependence theory, neoclassical theory of development, institutional theory of development

**For citation:** Tiutiunikov A.A., Zakshevskaia T.V. Contemporary concept of economic development: tendencies, models and agricultural sector role. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(2):105-125. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_2\\_105-125](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_105-125).

## Введение

Проблематика экономического роста и развития, проявляющаяся в контексте рассуждений о природе богатства государства и источниках его увеличения, является характерной уже для экономической мысли Нового времени. Концепция влияния на процесс обогащения страны величины и пропорций сбережения и потребления произведенного продукта оформляется в середине-конце XVIII в. под влиянием взглядов А. Тюрго, А. Смита и Д. Рикардо. В работах Д. Рикардо, Т. Мальтуса, Дж.С. Милля формируется концепция внутренних ограничений экономического развития.

Исследование К. Марксом нормы прибыли и строения капитала лежит в основе концепции качественной взаимозависимости процессов экономического развития, научно-технического прогресса и распространения инноваций, впоследствии тщательно разработанной в теориях созидательного разрушения экономической структуры (В. Зомбарт, Й. Шумпетер) и длинных экономических циклов (Н.Д. Кондратьев, С. Кузнец, Й. Шумпетер). Марксов метод анализа расширенного воспроизводства в дальнейшем послужил важным элементом теоретической и методологической базы моделирования межотраслевого баланса (В. Леонтьев, Р. Стоун и др.) и разработки дуалистических моделей экономического развития (Г.А. Фельдман, П.Ч. Махаланобис, У.А. Льюис, Дж. Фей и Г. Ранис).

Таким образом, можно говорить о том, что исторический базис теории экономического роста и развития был заложен в результате исследования ряда аспектов общественного воспроизводства в рамках классической политической экономии, а именно:

- факторов роста национального богатства,
- взаимовлияния темпов роста численности и доходов населения,
- равновесия экономических систем,
- поведения экономических агентов в условиях конкуренции и монополизма,
- накопления материального капитала в условиях убывающей отдачи ресурсов,
- механизма распределения потребительских и капитальных продуктов между различными сферами производства,
- роли государственной власти в процессе планирования и контроля экономики.

Несмотря на то что представители классической политэкономии не сформулировали целостных специализированных теорий экономического роста, они верно опре-

делили, что его основным источником является часть совокупного общественного продукта, накапливаемая и реинвестируемая в производство.

Научные обоснования рациональных для экономического развития соотношений накопления и потребления получили дальнейшее развитие в рамках неоклассической экономической теории в 1870–1920 гг. (А. Маршалл, И. Фишер, А. Пигу, К. Викселль, У. Джевонс, Л. Вальрас, Дж. Кларк, Ф. Рамсей и др.), однако их целенаправленное приложение в контексте исследований экономического роста и развития оформляется лишь в 1930–1960 гг. Параллельно в научной среде формировались концепции экономической эволюции, обусловленной неравновесными процессами технологических и институциональных инноваций, трансформирующих экономику изнутри (К. Маркс, Ф. Энгельс, Й. Шумпетер, Т. Веблен).

Полноценное оформление знаний, идей и концепций экономического развития и экономического роста в виде ряда научно-исследовательских программ и завершенных теорий началось в 1930–1950 гг. и было обусловлено следующими историческими вызовами: нарастающей конкуренцией рыночных и административно-командных экономик, необходимостью ускоренного восстановления народного хозяйства, пострадавшего в мировых войнах; демонтажом колониальной системы и обретением экономической субъектности рядом крупных стран. Данные теории являются, с одной стороны, взаимодополняющими, с другой – конкурирующими: из-за различия взглядов на сущность феноменов экономического роста и развития, исследовательских методологий и инструментария, изучаемых данных и кейсов, а также политэкономических и идеологических разногласий.

Ряд научных работ [3, 13, 33] посвящен описанию альтернативных теорий и моделей экономического роста и развития, однако, по нашему мнению, существует необходимость дальнейших сравнений, обобщений и классификации.

Целью представленного исследования является попытка синтезировать знания об основных современных направлениях теории экономического развития, принимая во внимание их субстантивную, когнитивную, методологическую и инструментальную специфику.

#### **Критический анализ и обсуждение**

Обобщая мнения таких авторов, как М. Годаро и С. Смит [33], Д. Аджемоглу [13], Р. Барро и Х. Сала-и-Мартин [3], предполагается целесообразным выделить пять основных направлений современной теории экономического развития:

- теорию линейных стадий роста;
- теорию структурных изменений;
- теорию зависимого развития;
- неоклассическую теорию развития;
- институциональную теорию развития.

Специфику данных направлений предлагается рассматривать в разрезе альтернативных подходов к решению следующих проблем:

- 1) определению сущности экономического развития (субстантивный аспект);
- 2) исследованию факторов экономического развития (когнитивный аспект);
- 3) выбору теоретико-методологического инструментария изучения процессов экономического развития (методологический аспект);
- 4) обоснованию механизмов и инструментов управления экономическим развитием (инструментальный аспект).

Краткая характеристика основных черт выделенных направлений теории экономического развития, рассмотренных в разрезе вышеприведенных аспектов, представлена в таблице.

## Характерные черты направлений современной теории экономического развития

Отличительные черты	Теория линейных стадий роста	Теория структурных изменений	Теория зависимого развития	Неоклассическая теория развития	Институциональная теория развития
<b>Ключевые аспекты сущности экономического развития</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Последовательные качественно-различные этапы развития экономики;</li> <li>- самоподдерживающийся экономический рост;</li> <li>- устойчивая повышающаяся динамика показателей ВВП</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Качественные изменения социально-экономической структуры;</li> <li>- дуализм развитых и неразвитых секторов экономики;</li> <li>- рост разнообразия доступных населению экономических благ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Антагонистический дуализм развития экономик «центра» и «периферии»;</li> <li>- преодоление навязанного извне состояния отсталости;</li> <li>- рост доходов населения, сокращение бедности и неравенства</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Долгосрочный экономический рост в условиях стационарного состояния экономики;</li> <li>- конвергенция развития различных экономик;</li> <li>- максимизация удельных показателей производства и потребления</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Определяющая зависимость экономического развития от социокультурных факторов;</li> <li>- проблема воспроизводимости опыта развития;</li> <li>- плюрализм в выборе показателей развития</li> </ul>
<b>Ключевые факторы экономического развития</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Нормы сбережения и инвестирования, уровень капиталоемкости, производительность труда, динамика численности населения</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Интенсивность перераспределения ресурсов и источников инвестиций из отсталых секторов экономики в более развитые, сбалансированная структура экономики, экономические драйверы и точки роста</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Неэквивалентный обмен, финансовая и промышленная экспансия развитых экономик, деформация международного разделения труда, недостаточная диверсификация, воспроизводство зависимости</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Темпы роста технического прогресса, инноваций, человеческого капитала, общественных благ, благосостояния населения; инвестиционная активность; свобода торговли и частной инициативы, экология</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Уровень развития и природо-экономических, политических и социальных институтов, соответствие их текущим историческим условиям, уровень трансакционных издержек в экономике, асимметрия информации</li> </ul>
<b>Методология исследования</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Макроэкономические экстенсивные модели инвестирования воспроизводства с производственной функцией Леонтьевского типа и фиксированными производственными коэффициентами, мультипликаторы и акселераторы инвестиций</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Макро- и микроэкономические модели дуалистической экономики, системная динамика, модели оптимизации структуры инвестиций</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Историко-структурный анализ, мир-системный анализ, модели теории игр, научно-методологический инструментарий неомарксизма и неокейнсианства</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Микроэкономические экзо- и эндогенные модели с неоклассической производственной функцией, основанные на принципах убывающей отдачи факторов производства и рационального поведения экономических агентов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Неоклассические модели экономического роста, модели теории игр, методы исторических, клиометрических, бихевиористических и социальных исследований, эволюционные модели экономики</li> </ul>
<b>Предлагаемые инструменты и механизмы экономического развития</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Достижение критических уровней инвестирования и капиталотдачи путем стимулирования сбережений, осуществления массированных инвестиций (в т.ч. за счет иностранных займов), импортозамещения</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Индустриализация экономики за счет развития набора современных отраслей, государственное стимулирование и структурирование инвестиций, создание рабочих мест, развитие экспортных кластеров</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Импортозамещающая индустриализация, протекционизм, рестрикции иностранного капитала, трансграничный финансовый контроль, стимулирование внутренних инвестиций, региональная интеграция, экономический изоляционизм</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Концентрация стимулирующего воздействия в комплементарных секторах, генерирующих элементы факторной производительности: образования, НИОКР, здравоохранения, производственной и социальной инфраструктуры</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Преимущественное регулирование экономических институтов: систем отношений собственности, контрактации и рыночных механизмов; реформирование политических и социальных институтов</li> </ul>

Первым целостным направлением теории экономического развития можно считать, по-видимому, теорию линейных стадий роста, базирующуюся на соединении неокейнсианской экономической идеологии и положений формационной концепции развития общества, в которой процесс развития рассматривается как совокупность последовательных этапов экономического роста, которые должно последовательно пройти каждое государство.

У. Ростоу (1956) предлагает выделять пять последовательных стадий роста, для которых характерны принципиально разные уровни сбережений населения и капиталоемкости продукции [29]. Выделенным стадиям роста автором даны следующие названия:

- 1) традиционное общество;
- 2) стадия предпосылок для подъема;
- 3) стадия подъема;
- 4) стадия быстрого созревания;
- 5) стадия высокого массового потребления.

Ключевой стадией является «подъем», который позволяет экономике перейти к самоподдерживающемуся росту, а доходам населения – выйти на качественно новый уровень. Для выхода на эту стадию требуется достичь определенных критических «пороговых» уровней инвестирования и капиталотдачи, параметры которых можно рассчитать.

Математические формализации механизма экономического развития в данном теоретическом направлении имеют в своем основании неокейнсианскую модель экономического роста Харрода-Домара (1939–1946), основанную на использовании производственной функции Леонтьева без заменимости факторов, а также на принципах мультипликации и акселерации инвестиций [9, с. 12–13]. Согласно данной модели, темп равновесного экономического роста определяется как произведение нормы сбережений на предельный чистый продукт капитала (предельную фондоотдачу). Технологически обусловленный уровень предельной фондоотдачи трудно увеличить в 1–3-й стадиях роста; напротив, уровень нормы сбережения может сравнительно легко корректироваться методами государственной экономической политики. Достижение определенного критического уровня сбережений (в условиях соблюдения равенства с инвестициями) при фиксированной капиталотдаче позволит экономике войти в стадию «подъема».

Реализация такой модели роста в чистом виде может споткнуться о «ловушку отсталости», когда улучшение экономических условий нивелируется ростом численности населения, а последующее падение уровня среднедушевого дохода не позволяет поддерживать должный уровень сбережений. Она может быть преодолена в концепции «большого толчка» (П. Розенштейн-Родан, Р. Нурксе, Х. Лейбенстайн, Б. Кналл, 1943–1963), предполагающей покрытие дефицита собственных сбережений и обеспечение избытка рабочей силы средствами производства за счет массивного притока иностранных инвестиций в сжатый срок. Согласно модели экономического роста «с двумя дефицитами» Х. Ченери (1961–1966) [18], значительная часть этих средств должна быть направлена на развитие импортозамещающих производств, что позволит добиться снижения дефицита внешнеторгового баланса, которое, в свою очередь, будет способствовать росту сбережений внутри страны. Циклическое воспроизведение этого процесса приведет к постепенному вытеснению импорта и внешних источников финансирования и переходу к самоподдерживающемуся экономическому росту. «Большой толчок» ориентирован на мультипликативный эффект: увеличение покупательной способности населения влечет за собой рост спроса, стимулирующий рост численности предпринимателей, ведущий к дальнейшему росту среднедушевого дохода.

Дополненная концепцией «большого толчка» теория линейных стадий роста обрела свои окончательные черты:

1) экономическое развитие отождествляется с устойчивой повышательной динамикой абсолютных и удельных показателей валового продукта, с экономическим ростом;

2) возможно достижение некоторого уровня экономического развития (выражаемого, как правило, показателями среднедушевого дохода), с которого экономический рост становится самовоспроизводящимся;

3) ключевыми факторами экономического развития являются: доля валового продукта, направляемая на инвестиции, уровень капиталоемкости производства, темп роста населения;

4) механизмы управления экономическим развитием основаны на регулировании инвестиционного процесса: активном корректировании уровня сбережений со стороны государства посредством монетарной и финансовой политики; в условиях его недостаточности предполагается привлечение крупных иностранных инвестиций, которые в процессе экономического роста постепенно заместятся внутренними.

Теория линейных стадий роста, во многом основанная на опыте промышленной революции и плана Маршалла, стала обоснованием идеологии массивированной помощи государствам третьего мира, однако впоследствии была подвергнута аргументированной критике. Предельно абстрагированные концепции, предложенные в ее рамках, не рассматривали влияние культурных, структурных и институциональных предпосылок экономического развития. Исторический опыт индустриально развитых стран, из которого она проистекала, не вполне соответствовал реалиям развивающихся и трансформационных экономик: например, модель формирования сбережений во многом зависела от ценностных установок населения и с трудом поддавалась корректированию за счет экономических стимулов. Механизм превращения сбережений в инвестиции, описанный Харродом и Домаром, не мог учесть сильную дифференциацию накоплений в разных группах населения, обуславливающую явления непроизводственного потребления, образования сокровищ и бегства капитала. Односекторный характер моделей не предполагал препятствий, возникающих при перемещении капитала между различными отраслями, поэтому стимулирование экономического роста зачастую приводило к возникновению экономики «анклавного» типа, характеризующейся соседством немногочисленных развитых территорий с обширными зонами нарастающей отсталости в пределах одной страны.

Критическое осмысление и дальнейшее развитие концепций самоподдерживающегося роста, «большого толчка» и экономической динамики в сочетании с применением элементов неоклассического анализа легли в основу теории структурных изменений, акцентирующей внимание на типичных качественных изменениях, сопутствующих экономическому росту: в отраслевой структуре экономики, структуре физического капитала и трудовых ресурсов, структуре потребительского спроса, доходов и расходов населения, в демографической ситуации. Показательным для данной теории является понимание развития экономики как долгосрочного увеличения способности страны снабжать население все более возрастающим разнообразием экономических благ, основанного на передовых технологиях и необходимых институциональных и идеологических изменениях [22].

С. Кузнец (1955–1973) назвал шесть основополагающих характеристик современного экономического роста, во многом определивших дискурс дальнейших исследований экономического развития:

1) высокий темп роста душевого национального продукта, сопровождаемый увеличением населения страны;

2) высокий темп роста производительности всех ресурсов, характеризующий улучшение их качества, обусловленное техническими изменениями;

3) значительные структурные преобразования в экономике: перетекание рабочей силы из аграрного сектора в промышленность и сферу услуг, увеличение размеров товаропроизводителей, переход от личных к безличным формам субъектов права в предпринимательстве, изменение профессионального статуса труда, изменения в структуре потребления;

4) значительные структурные изменения в обществе, обусловленные урбанизацией, секуляризацией, либерализацией, эгалитаризмом, национализмом;

5) наращивание внешнеэкономических связей и уровня международной интеграции посредством мирных и военных способов, политическая и экономическая экспансия;

6) неравномерность и ограниченность процессов экономического развития в различных регионах мира [22].

Научной предпосылкой значительной части концепций и моделей теории структурных изменений является дуалистический характер общественного воспроизводства, сочетающего в себе разнородные, но взаимозависимые секторы. Темпы экономического развития определяются интенсивностью процессов перераспределения материальных и трудовых ресурсов между секторами, поэтому на первый план выходят структурные проблемы накопления и занятости. Так, К. Маркс при описании схем простого и расширенного воспроизводства использовал деление экономики на секторы, производящие средства производства и предметы потребления [5, с. 393, 496]; Г.А. Фельдман (1928) выделял сектор, производство в котором обеспечивает потребление на прежнем уровне, и сектор, продукция которого используется для увеличения и замены капитала [10, с. 153–154]. Выводы, содержащиеся в моделях воспроизводства К. Маркса и Г.А. Фельдмана, свидетельствуют о возможности ускорения темпов экономического роста путем приоритетного развития тяжелой промышленности, машиностроения и энергетики, в том числе – за счет прямого или косвенного изъятия ресурсов из сектора производства предметов потребления.

Для неоклассической и неокейнсианской экономической мысли более характерно деление экономики на условно «развитый» и «отсталый» секторы – современный и традиционный, индустриальный и аграрный, рыночный и натуральный и т.п. Дуалистическая модель экономического развития, предложенная У.А. Льюисом (1954), рассматривает концепцию экономики, разделенной на два сектора: капиталистический (современный, преимущественно индустриальный) и традиционный (преимущественно аграрный) [23]. Традиционный сектор характеризуется избыточностью рабочей силы, обуславливающей нулевую предельную производительность труда и неэластичность производства по численности занятых. В капиталистическом секторе спрос на труд определяется уровнем предельного продукта, поэтому смещение кривых предельного продукта, происходящее в результате смещения кривых выпуска в ответ на изменение количества капитала, приводит к изменению численности занятых в соответствующем направлении.

Таким образом, рост капитала в современном секторе способствует притоку труда из традиционного сектора и росту суммарной заработной платы. Реинвестируемая прибыль на капитал и мобилизованные сбережения занятых в современном секторе обуславливают дальнейшее увеличение капитала, обеспечивая самоподдерживающийся экономический рост, продолжающийся вплоть до исчерпания лишней рабочей силы из традиционного сектора. Предельная производительность труда в традиционном секторе перестает быть нулевой, что приводит к распространению в нем капиталистических форм хозяйствования; структурная перестройка экономики завершается смещением



фокуса из аграрной в индустриальную сферу. Согласно модели Льюиса, ключевыми элементами политики экономического развития должны являться: 1) стимулирование инвестиций в целях наращивания капитала в современном секторе экономики; 2) стимулирование оттока труда из трудоизбыточного сектора, в т.ч. путем развития трудоемких и трудоинтенсивных промышленных производств.

Критическое восприятие идей Льюиса привело к появлению обширного ряда все более сложных дуалистических моделей развития: например, Дж. Фей и Г. Ранис (1961–1966) предложили двухсекторную модель с тремя дуализмами (на рынке труда, продукции и финансов), иллюстрирующую три фазы экономического развития [19]. В натуральной фазе наращивание трудоемкого промышленного производства отвлекает из аграрного сектора излишний труд, имеющий нулевую предельную производительность, за счет чего возрастает «аграрный излишек» – прибавочная стоимость, являющаяся первоначальным источником средств для модернизации обоих секторов экономики.

В переходной фазе благодаря оттоку рабочей силы предельная производительность труда в аграрном секторе начинает увеличиваться, вследствие чего дальнейшее снижение количества занятых в нем приводит к сокращению производства продовольствия и сырья, а также росту цен. В свою очередь, это приводит к росту оплаты труда в индустриальном секторе, который поддерживает переток рабочей силы из аграрного сектора до тех пор, пока предельная производительность труда в промышленности не снизится до критического уровня. Наступает рыночная фаза, в которой устанавливается равновесие на рынках труда и продукции между обоими секторами, а объем «аграрного излишка» достигает оптимума. Рынок инвестиций наполняется в результате увеличения доходов наемной рабочей силы, землевладельцев и прибыли промышленных предприятий, в результате чего растет капитал индустриального сектора, обуславливая рост его потребности в труде. Циклическое воспроизведение этой фазы приводит к возникновению самоподдерживающегося роста экономики.

Согласно модели Фей-Раниса, основным способом обеспечения устойчивого экономического роста и избегания «ловушек развития» является поддержание темпов роста занятых в современном секторе выше, чем темп роста населения. Переток труда из аграрного сектора должен компенсироваться ростом прибавочной стоимости в сельском хозяйстве, которая может быть увеличена за счет развития экспорта и освоения новых технологий. Данное направление в теории структурных изменений было развито и переосмыслено последователями У.А. Льюиса, Дж. Фей и Г. Раниса путем усложнения и детализации предложенной концепции: в работах Д. Йоргенсена, С. Парка, Ю.-М. Хо, А. Келли, Дж. Уильямсона и Р. Читэма, Д. Пааува (1967–1974) дуалистическая модель дополнена параметризациями технического прогресса, соотношений между трудоемкими и трудосберегающими технологиями, накоплений, а также расширена путем включения секторов услуг, сырьевых производств и индустриального сельского хозяйства.

Исследованию проблем экономического развития в контексте изменения отраслевой структуры и поиска оптимальной структуры инвестиций посвящены работы Р. Нурксе, А. Хиршмана, Г. Зингера, П. Стритена (1950–1960). Создатель концепции сбалансированного экономического роста Р. Нурксе связывал темпы экономического развития с уровнем покупательной способности населения и размером внутреннего рынка страны [26]. Придерживаясь идеологии экспортного пессимизма, Р. Нурксе считал, что удовлетворение растущего предложения отдельно взятой отрасли должно обеспечиваться спросом за счет расширения производства в других, обуславливая равномерный рост рынка во всех секторах. Следовательно, самоподдерживающийся экономический рост может быть достигнут путем осуществления большого количества рассредоточенных по отраслям инвестиций, структура которых должна балансироваться с учетом страновой специфики.

К. Мёрфи, А. Шлейфер и Р. Вишни (1989) развили и формализовали модель сбалансированного роста в работе, посвященной влиянию скоординированных секторальных инвестиций в промышленности на рост совокупного спроса, сбережений населения и инвестиций в инфраструктуру [24].

В концепциях несбалансированного роста (А. Хиршман, Х. Зингер, П. Стритен, Ф. Перру) предполагается, что неравномерность развития экономики является нормальным состоянием и может быть использована как источник ускорения и модернизации: несбалансированные инвестиции могут как исправлять текущие дисбалансы, так и порождать новые состояния неравновесия, побуждающие к инвестициям в других отраслях. Таким образом, поддержание и искусственное создание экономических диспропорций может быть инструментом управления экономическим ростом.

А.О. Хиршман описывал процесс несбалансированного развития как последовательность трех фаз: фазы комплементарности, когда возросшее производство товара стимулируемой отрасли влечет за собой повышение спроса на связанные товары и средства производства; фаза индуцированного инвестирования, когда рост спроса привлекает инвестиции в смежные отрасли; фаза экономических экстерналий, когда улучшение экономического климата в целом сказывается на несмежных секторах [21]. Утверждается, что процесс экономического развития является уникальным явлением, поэтому для успешной реализации политики несбалансированного роста в каждом конкретном случае требуется найти отрасль, обладающую наибольшей «взаимодополняемостью», участвующую в наибольшем количестве производственных цепочек. Желательно, чтобы продукция этой отрасли не обладала высокой капиталоемкостью, чтобы усилить эффективность инвестиций.

По мнению Х. Зингера [30], такими отраслями являются индустриализированное сельское хозяйство и добывающие отрасли, вложения в которые позволяют создать максимальную «мультипликативную цепочку», высвободить рабочую силу и поднять экспортные доходы. Существует также обратная точка зрения, согласно которой необходимо стимулировать инвестиции в отрасли, находящиеся на конечном этапе добавления стоимости: пищевую промышленность, фармацевтику, сборочное производство и т.п. Испытывая дефицит внутренних материальных и трудовых ресурсов, данные отрасли будут индуцировать инвестиции в предыдущих звеньях производственной цепочки по принципу обратной связи.

В силу особенностей административно-командной экономики значительная часть исследований экономического развития в социалистических странах концентрировалась на детализированном изучении межотраслевых производственных взаимосвязей и может быть включена в рамки структуралистских концепций сбалансированного и несбалансированного роста. Теоретическим и методологическим вопросам моделирования и оптимизации секторальной и отраслевой структуры инвестиций в условиях централизованного планирования посвящены работы советских и российских экономистов Г.А. Фельдмана, В.С. Немчинова, Л.В. Канторовича, М.Р. Эйдельмана, Б.Л. Исаева, А.Н. Ефимова и Л.Я. Берри, А.И. Анчишкина и Ю.В. Яременко, В.В. Коссова, В.В. Новожилова, А.Г. Гранберга, К.А. Багриновского, А.Г. Аганбегяна, Н.Ф. Шатилова, Н.И. Ведуты и др.

Суммируя вышеизложенное, следует отметить, что специфика концепций, на которых базируется теория структурных изменений, характеризуется следующими аспектами:

1) экономическое развитие понимается как улучшающая трансформация отраслевой и территориальной структуры экономики страны, сопровождающаяся взаимосвязанными изменениями в структуре потребления, сбережений, распределения ресурсов, внешней торговле, а также в социальной сфере;

2) основным фактором развития является перераспределение материальных и человеческих ресурсов, а также источников инвестиций из относительно отсталых секторов экономики в более развитые; темп экономического роста задается динамикой преодоления дуализмов в народном хозяйстве и социальной сфере;

3) в исследованиях применяется как макро-, так и микроэкономический подход;

4) в качестве основного механизма экономического развития рассматривается создание и/или развитие набора современных отраслей, позволяющих осуществить переход от аграрной или сырьевой экономики к экономике индустриального и постиндустриального типа, существенно увеличить размер рынка товаров и услуг, повысить доходы населения. Инструментарий экономического развития основывается на предполагающих активное вмешательство государства мерах стимулирования и структурирования инвестиций, повышения производительности ресурсов, борьбы с явной и скрытой безработицей, обеспечения эффективной занятости, индустриализации сельского хозяйства и ресурсодобычи.

Теоретические направления линейных стадий роста и структурных изменений разрабатывались преимущественно экономистами «первого мира», которые в целом полагали, что все экономики проходят примерно одинаковые этапы развития, темпы которого можно ускорить методами, разработанными на основе ретроспективного анализа данных развитых стран: массированным инвестированием на основе внешних заимствований, интеграцией в мировую экономику путем развития экспортно ориентированных отраслей, стимулированием перетока рабочей силы между аграрным и индустриальным секторами и т.п. Параллельно, и во многом как реакция на эти тезисы, сформировалось теоретическое направление зависимого развития (теория догоняющего развития, депендентизм), представители которого полагали, что предлагаемые методы как минимум не подходят для развивающихся экономик, а скорее всего – даже вредны. Для депендентистов характерно рассмотрение процессов экономического развития с позиций антагонистического дуализма хозяйств, отраслей, территорий и стран, между которыми выстраиваются отношения силы и слабости, зависимости и господства, когда один субъект развивается за счет вольной или невольной эксплуатации другого. Таким образом, отстающая экономическая система не является «ранней версией» развитой, а представляет собой элемент ее ресурсного базиса. Научной основой данного направления являются труды в рамках теорий экономического национализма, протекционизма, империализма и капитализма, рассмотренные в том числе и с марксистских позиций (Ф. Лист, А. Гамильтон, Дж. Гобсон, Р. Гильфердинг, Р. Люксембург, В.И. Ленин и др.).

В данной теории можно выделить два крупных направления: концепции дуалистической и неокOLONиальной зависимости [33, с. 131–134], различающиеся подходами к объяснению причин возникновения зависимости и способов экономического развития в ее условиях. Теоретическим основанием дуалистического направления является теорема Пребиша-Зингера (1950), гласящая, что положение экономик, производящих преимущественно первичные продукты (продовольствие, сырье) неизбежно сравнительно ухудшается, так как в долгосрочной перспективе цены на промышленные товары растут быстрее ввиду более высокой эластичности спроса по доходу (позднее в гипотезу был добавлен дуализм простых и сложных промышленных товаров) [15]. Ухудшающееся соотношение экспортных и импортных цен («terms of trade») приводит к сокращению доходов, а следовательно – к воспроизводству и дальнейшему углублению экономического отставания.

Развивая идеи Р. Пребиша и Х. Зингера, Э. Райнерт предполагает, что соблюдение принципов свободной торговли и «относительных преимуществ» в отношениях между странами разного уровня развития приводит к возникновению самовоспроизводящегося экономического отставания менее развитых, так как подрывается рост обра-

батывающей и пищевой промышленности, замедляется индустриализация сельского хозяйства, подавляется инновационное производство, что приводит к перенаселению, росту безработицы, пауперизации [27]. В качестве причин возникновения и воспроизводства экономической зависимости рассматриваются также аспекты международного движения факторов производства: мобильный капитал из развитых стран перетекает в экономики с низкой стоимостью рабочей силы, а имущественный труд остается на месте, концентрируясь в капиталоемких отраслях с высокими требованиями к качеству человеческого капитала. Таким образом, дешевизна труда в менее развитых экономиках является источником обогащения не только капиталистов, но и рабочего класса в странах первого мира.

В рамках дуалистического направления мировая экономическая система представляется единым целым, состоящим из «центра» (высокоразвитых стран) и «периферии» (преимущественно сырьевых и аграрных стран), экономическому развитию которой препятствует зависимость от «центра», присваивающего большую часть доходов через механизмы международного разделения труда и взаимной торговли (А.Г. Франк, И. Валлерстайн, Дж. Арриги, Ф. Кардозу, С. Фуртаду, Т. Дус-Сантус, 1960–2000). Согласно Ф. Кардозу и Э. Фалетто (1977), финансовое и технологическое проникновение «центра» в «периферию» дисбалансирует внешнюю и внутреннюю экономику таких стран, что приводит к ограничению возможностей самостоятельного развития и способствует возникновению специфических явлений (коррупция, олигархизм, компрадорство, бегство капитала, утечка мозгов, недиверсифицированность экономики и др.), требующих усиления государственного регулирования [17]. В зависимых странах формируется особый «периферийный капитализм», качественно отличающийся от «капитализма развитых» по структуре собственности, производства и потребления, динамике развития технологических, социальных и демографических процессов, уровню развития общественных и политических институтов.

Желанным выходом из состояния периферийного капитализма приверженцам концепции дуалистического развития представляется его трансформация в развитую форму, основанная на механизмах импортозамещающей индустриализации, протекционизма, антимонополизма, национализации иностранных компаний, социализации капитала крупных предприятий, суверенизации финансовой политики, контроля миграции капитала, ограничения привилегированного потребления, развития технологий и человеческого капитала. Для применения этих механизмов требуется достичь сопоставимой со странами «центра» экономической силы или же «отгородиться» от них, что возможно осуществить за счет углубления региональной интеграции стран «периферии» и стимулирования развития собственных транснациональных корпораций.

Неоколониальному направлению теории зависимого развития характерно восприятие отношений «центра» и «периферии» через призму теории классовой борьбы. Слаборазвитость рассматривается как навязанное извне состояние: например, как результат видоизменившейся колониальной политики развитых государств, или как следствие эксплуатации «стран-пролетариев» «странами-капиталистами»; зависимость же рассматривается как специфический способ капиталистического производства. Воспроизводство структур зависимости прямо или косвенно поддерживается программами международной интеграции, международными финансовыми организациями, транснациональными корпорациями, компрадорской частью элит менее развитых стран.

П. Баран (1957) объясняет формирование отношений зависимости действиями монополистического капитала, осуществляющего торговую экспансию на внешние рынки с целью расширения спроса, а также инвестиционную экспансию в целях обеспечения себя источниками сырья [2]. Рыночная сила монополистических структур позволяет им опираться на экономическую и политическую поддержку собственных стран

и международных организаций и оказывать давление на правительство и бизнес менее развитых стран, в результате чего экономическая структура последних деформируется в соответствии с потребностями экономических интервентов, создавая препятствия для долгосрочного экономического развития. С. Амин (1976) считает источником зависимости неравномерное международное разделение труда, обуславливающее специализацию развивающихся экономик на производстве продовольствия и сырьевых товаров [14]. Индустриализация первичного сектора в совокупности с низким уровнем оплаты труда способствует вытеснению населения из сельской местности, а рабочей силы – в сектор услуг, что приводит к росту явной и скрытой безработицы, а также неполной занятости, возрастанию роли государственного капитализма и чиновничества. Специализация на производстве и экспорте первичной продукции в долгосрочной тенденции ведет к хроническому дефициту платежного баланса, следовательно – к нарастанию государственного долга, полученная в результате иностранных инвестиций прибыль реэкспортируется, обеспечивая экономическое благополучие центральных стран.

По большей части, представители концепции неокOLONиальной зависимости считают монополистический капитализм преходящим явлением, поэтому преодоление зависимости представляется возможным за счет перехода к социалистической экономике (А.Г. Франк, Т. Дус-Сантус); в качестве альтернативы предлагается автономизация от стран центра, разрыв экономических связей с ними (С. Амин). В то же время ряд исследователей заявляет, что структурная экономическая зависимость хотя и деформирует процессы капиталистического становления периферийных стран, однако в целом не является негативным фактором экономического развития (Т. Бирштейкер, П. Эванс, Х.-Ч. Лим). При этом общие черты концепций теории зависимого развития можно охарактеризовать следующим образом:

1) экономическое развитие отождествляется с ростом реальных доходов населения, сокращением уровней бедности и неравенства, увеличением уровня субъектности экономических систем, улучшением структуры экономики;

2) основное внимание уделяется исследованию факторов, замедляющих экономическое развитие (неэквивалентный обмен между странами и секторами, финансовая и промышленная экспансия, деформация международного разделения труда, недостаточная диверсификация, реэкспорт прибылей, структуры воспроизводства зависимости);

3) исследования базируются на теоретическом и методологическом аппарате неомарксистской и неокейнсианской экономических школ, трудовой теории стоимости, теорий монополистического капитала и империализма, историко-структурного анализа;

4) преимущественное внимание уделяется исследованию механизмов преодоления и компенсации экономической зависимости (импортозамещающая индустриализация экономики, ограничения иностранного капитала и деятельности транснациональных корпораций, протекционизм, трансграничный контроль финансового капитала, стимулирование внутренних источников инвестиций, региональная интеграция периферийных стран, социализация экономики, инструменты экономического изоляционизма).

Значимость отношений зависимости как фактора современного экономического роста оспаривается приверженцами неоклассического направления теории развития, считающими, что нестабильная динамика менее развитых экономик является результатом чрезмерного государственного вмешательства, нарушающего экономическое равновесие (Г. Джонсон, Б. Балашша, П. Бауэр, Дж. Саймон, И. Литтл, Д. Лал, Э. Крюгер, Дж. Бхагвати, 1960–2010). В качестве следствий излишнего регулирования называются искажения цен и обменных курсов, препятствия внешнеэкономической деятельности, преграды частной инициативе, рост коррупции, обуславливающие нарастание экономической, социальной и технологической отсталости. Основываясь на положениях тео-

рии общественного выбора, неоклассическое направление концентрируется на изучении ограниченного круга влияющих на экономическое развитие факторов, подлежащих регулированию в рамках политики, ориентированной на развитие рыночной экономики. Идеология свободного рынка обуславливает преимущественное использование микроэкономических обоснований в качестве базы научного инструментария данного направления, в состав которого входят: предельный и функциональный анализ, равновесный подход, анализ спроса и предложения, теория рационального экономического поведения экономических агентов.

Значительная часть неоклассических моделей экономического развития базируются на неоклассической модели экономического роста Солоу-Свона (1956–1957), являющейся результатом дальнейшего критического осмысления работ Харрода и Домара [31, 32]. Работы Р. Солоу и Т. Свона были направлены на поиск решения макроэкономических проблем, связанных с обеспечением сбалансированного экономического роста, определением оптимальных темпов роста в заданных условиях экономической системы, максимизацией удельных показателей производства и потребления. Первым основополагающим блоком модели является неоклассическая производственная функция Кобба-Дугласа, устанавливающая зависимость объема производства от агрегированных затрат труда и капитала, предполагающая существование положительной убывающей предельной производительности факторов, а также их взаимодополняемость и взаимозаменяемость. Труд рассматривается как комплексный фактор в сочетании с переменной его эффективностью, моделирующей воздействие технического прогресса. Цены труда и капитала изменяются согласно предпосылке о совершенной конкуренции, что в совокупности с принципом взаимозаменяемости факторов производства обуславливает изменение капиталовооруженности в зависимости от макроэкономической конъюнктуры. Второй блок моделирует формирование капитала в процессе инвестирования и амортизации. Третий блок представляет собой функцию сбережений и инвестиций от валового производства. Переменные, моделирующие темп роста трудовых ресурсов, нормы сбережений и инвестиций, нормы износа капитала и воздействие технического прогресса, являются экзогенными.

На основе модели Солоу-Свона выведены следующие теоретические закономерности экономического роста [3, с. 49–50, 63]:

- увеличение нормы сбережений (инвестиций) увеличивает темп роста производства только в краткосрочном периоде, так как накопление капитала и рост капиталовооруженности в условиях убывающей предельной производительности труда приводят к достижению стационарного состояния экономики, когда произведенный доход будет полностью покрываться амортизацией, а рост подушевого выпуска прекратится;

- по достижению стационарного состояния рост ВВП в общем случае обеспечивается только увеличением численности населения, так как подушевой выпуск перестает расти;

- условием долгосрочного роста (как удельного, так и абсолютного) после достижения стационарного состояния может быть неубывающая предельная производительность факторов, которая обеспечивается за счет технологических изменений;

- так как предельная производительность труда имеет обратную зависимость от уровня капиталовооруженности, должно существовать явление абсолютной конвергенции (сходимости), когда темп роста ВВП на душу населения в бедных экономиках выше, чем в более развитых без каких-либо дополнительных условий, что должно приводить к постепенному сближению уровней их экономического развития;

- должно существовать явление условной конвергенции, обуславливающее прямую связь темпов роста экономики и степени ее удаленности от собственного стационарного состояния, которое задается параметрами нормы сбережения, амортизации и темпов роста населения, объясняющее пределы роста различных экономик.

Модель экономического роста Солоу-Свона хорошо подтверждалась ретроспективными данными развитых стран и довольно быстро стала экономическим мейнстримом, однако впоследствии к ней возник ряд вопросов, приведших к попыткам ее расширения и уточнения. Эмпирическая проверка, осуществленная Э. Дэнисоном, Я. Тинбергеном и др. (1960-е гг.) на материалах США, стран Западной Европы и новых индустриальных стран показала, что темпы их экономического развития не могут быть полностью описаны используемыми в модели факторами труда и капитала, а общая факторная производительность (так называемый «остаток Солоу») не может быть объяснена исключительно за счет технических улучшений. Верификация условной конвергенции установила ее преимущественное наличие в группах стран, близких по уровню развития; при межгрупповых сравнениях, напротив, зачастую наблюдалась дивергенция. Кроме того, большой проблемой был экзогенный характер нормы сбережений, роста населения и темпа технического прогресса, не предусматривавший возможности их динамического изменения, равно как и объяснения их генезиса. Все это затрудняло использование модели Солоу-Свона в качестве инструмента управления экономическим развитием, поэтому дальнейшие исследования в области неоклассической теории развития стали концентрироваться на разработке моделей эндогенного экономического роста.

Т. Купманс и Д. Касс (1963–1965) модифицировали модель Солоу-Свона, дополнив ее эндогенным механизмом формирования сбережений на основе математической теории оптимизации потребления и накопления домохозяйствами в условиях конкурентного рынка, предложенной Ф. Рамсеем (1928). Траектория сбережений в модели Рамсея-Касса-Купманса [25] определяется на основе максимизации функций динамических полезностей экономических агентов с постоянной межвременной эластичностью замещения между потреблением и сбережением при динамическом бюджетном ограничении и ограничении на заимствования. Таким образом, норма сбережений находится под влиянием комбинации эффекта дохода и эффекта замещения, обуславливающих корректировку траектории в зависимости от достигнутых уровней удельного дохода, процентной ставки, капиталовооруженности и дисконтирующего коэффициента «ожиданий» экономических агентов. Оригинальный механизм эндогенизации процесса сбережений и инвестирования предложен в модели перекрывающихся поколений П. Даймонда (1965), где группы населения работоспособного и пенсионного возраста имеют разные паттерны потребления и накопления, динамически влияющие на формирование источников капиталовложений.

Концепция эндогенного механизма технического прогресса в моделях экономического роста во многом основывается на гипотезе К. Эрроу (1962) о том, что источником долговременного повышения производительности труда являются знания и опыт рабочей силы, формируемые в процессе освоения новых капитальных товаров, воплощающих в себе технические изменения; таким образом, темпы инвестиционного процесса и наращивания капитала прямо обуславливают темпы распространения инноваций в экономике [16]. В модели Эрроу-Ромера (так называемая «модель обучения в процессе деятельности») при помощи параметризации эффективности обучения устанавливается положительная зависимость переменной факторной производительности функции Кобба-Дугласа от уровня капиталовооруженности и величины накопленного капитала в экономике. Таким образом компенсируется снижение предельной производительности по мере роста капиталовооруженности, а также моделируется эффект масштаба – в более крупных экономических системах переменная факторной производительности растет быстрее. Фирма получает дополнительный экономический эффект в виде экстерналии, присваивая результат обучения работников в процессе их трудовой деятельности. Логическим продолжением модели обучения в процессе деятельности

является модель Мэнкью-Ромера-Вейла (1992), где в качестве отдельного фактора производственной функции был выделен человеческий капитал – количественная оценка возможности экономических агентов генерировать доход, обусловленная уровнем их знаний и опыта.

П. Ромер (1987–1990) также обосновал эндогенный механизм технического прогресса в модели с множественными промежуточными продуктами производства – капитальными факторами [28]. Создавая новый капитальный фактор, фирма извлекает временный монопольный доход, обеспечивая ускорение своего роста до тех пор, пока инновация в достаточной мере не распространится. Каждый новый фактор увеличивает значение производственной функции модели, «сдвигая» точку стационарного состояния, переход в которую увеличивает уровень капиталовооруженности и выпуска на душу населения без необходимости корректирования норм сбережения и амортизации. Концепция множественных капитальных факторов нашла продолжение в работах Дж. Гроссмана и Э. Хелпмана (1991), Ф. Агьона и П. Ховитта (1997), в которых она была расширена на основе шумпетерианской идеологии «созидательного разрушения», т.е. процесса вытеснения старых инноваций новыми.

В результате дальнейшего развития идеологии эндогенного роста были разработаны модели экономического развития с факторами общественных благ (Р. Барро и Х. Сала-и-Мартин, 1992), природных ресурсов и экономического ущерба (DICE-модель У. Нордхауса, 1993), эндогенными демографическими механизмами (модель миграции и роста Х. Брауна, 1993), а также с дополняющими производственными функциями секторов образования и НИОКР (модель С. Ребело, 1991; модель Удзавы-Лукаса, 1988). Неоклассические модели эндогенного роста позволили объяснить проблему эмпирического несоответствия темпов конвергенции благодаря разнице стран в уровне человеческого капитала и скорости распространения инноваций, установить причины различия темпов роста экономики в условиях дефицитов капитала и труда, а также существенно расширить методологическую базу управления экономическим развитием, поэтому некоторые авторы выводят их в рамки отдельной, новой теории экономического развития.

Специфику неоклассического направления теории экономического развития можно обобщить в следующих ключевых тезисах:

1) экономическое развитие в целом отождествляется с процессом долгосрочного роста удельных показателей валового производства (например, среднедушевого ВВП) в условиях стационарного состояния экономики;

2) инвестиционная активность рассматривается как необходимое, но не достаточное условие для обеспечения долгосрочного экономического роста, поэтому на передний план выходят исследования элементов факторной производительности: технического прогресса, инноваций, знаний, человеческого капитала, общественных благ, благосостояния населения, демографической динамики, экологии;

3) в исследованиях преобладает микроэкономический подход, основанный на исследовании рационалирующего поведения экономических агентов; методологическая и инструментальная база опирается на модель экономического роста Солоу-Свона с неоклассической производственной функцией;

5) механизм управления экономическим развитием основан на принципах открытой экономики; считается, что прямое стимулирующее воздействие государства должно концентрироваться в комплементарных секторах, генерирующих факторную производительность: образовании, НИОКР, здравоохранении, социальной сфере, инфраструктурах.



Опыт неудачной реализации политик экономического роста и модернизации, разработанных под влиянием описанных выше концепций, способствовал формированию институционального направления теории экономического развития, полагающего, что набор факторов экономического развития и их эффективность определяются эволюцией социокультурных институтов – механизмов воспроизводства устоявшихся практик социального взаимодействия, «созданных человеком ограничительных рамок, которые организуют взаимоотношения между людьми» [8, с. 18]. Таким образом, в центре внимания данного направления оказывается проекция традиций, культурных и духовных ценностей, социальных норм и паттернов на экономическую динамику. Методологическими предпосылками институциональной теории экономического развития стали междисциплинарные исследования обусловленности экономической жизни религиозными, цивилизационными, общественными и политическими различиями (М. Вебер, А. Тойнби, Т. Веблен, К. Поланьи, К. Виттфогель).

Анализируя проблемы, возникшие в процессе модернизации экономики стран Южной и Юго-Восточной Азии, Г. Мюрдаль (1968) показал, как применение признанных инструментов преодоления слаборазвитости – инноваций, программного планирования и рыночных механизмов – способствует дезинтеграции экономического пространства, монополизации производства, углублению неравенства доходов, нарастанию технологической зависимости, распространению бюрократизма и коррупции [6]. Г. Мюрдаль объяснил этот парадокс укорененностью ориентированных на консервирование общественной отсталости институтов, таких как: кастовая и сословная система, религиозные ограничения на обогащение, отдельные виды деятельности и потребления, вертикальная иерархия общественных и политических отношений, сакрализация отношений подчинения и зависимости, патернализм, общинность. Признавая трудность радикального изменения общественных устоев развивающихся стран, автор предложил включение в политическую программу экономического развития мер, направленных на массовое повышение уровня жизни, потребления и образования, позволяющего, в свою очередь, расширять запрос населения на реформирование институциональной среды. В составе таких мер отмечаются: предпочтение трудоемких инвестиций, стимулирование мелкого предпринимательства, наделение населения средствами производства, временное обеспечение беднейших слоев населения независимыми источниками доходов в целях наращивания человеческого капитала.

Не отрицая значимости социальных и политических институтов, представители институциональной теории развития предпочитают фокусировать исследования на состоянии экономических институтов, представляющих собой совокупность правил и механизмов, формирующих структуру экономических стимулов общества путем ограничения, упорядочения и контроля поведения и взаимодействий экономических агентов. Согласно гипотезе Д. Аджемоглу [13, с. 143], ключевыми экономическими институтами с позиций развития являются те, которые определяют структуру прав собственности, устройство рыночных механизмов и возможности заключения контрактов между акторами: например, неразвитые институты собственности способствуют снижению стимулов к накоплению капитала и освоению инноваций, а слабые рыночные механизмы приводят к неоптимальному распределению ресурсов и снижению выгод от торговли.

Действие экономических институтов проявляется путем установления определенного уровня трансакционных издержек – «относительных ценностей ресурсов, используемых для планирования, адаптации и контроля за выполнением поставленных задач в различных структурах, упорядочивающих отношения между экономическими агентами, обменивающимися правами собственности и свобод» [11, с. 559]. Меньшая степень соответствия действующих институтов экономическим условиям и задачам

обуславливает более высокий уровень трансакционных издержек, снижая активность экономических агентов и изменяя их поведение. Согласно обобщенной теореме Коуза-Стиглера, сформулированной Т. Эггертссоном (1990) [12, с. 266], в случае нулевых трансакционных издержек экономический рост и развитие страны не зависят от типа государства, однако если они положительны, институциональная среда и структура распределения политической власти внутри страны является критическим фактором экономического развития. Таким образом, модели, не учитывающие трансакционные издержки, не могут удовлетворительно объяснять межстрановые различия темпов и уровней экономического развития и не подходят для его прогнозирования.

С точки зрения влияния на процессы роста и развития, Д. Аджемоглу и Дж. Робинсон (2012) разделили экономические институты на инклюзивные и экстрактивные [1, с. 189]. Инклюзивные институты способствуют свободному заинтересованному участию больших групп населения в экономической деятельности, обеспечивая неприкосновенность и неотчуждаемость собственности и доходов, низкий порог входа на рынки, свободу контрактов и торговли. Благодаря развитию инклюзивных институтов создаются благоприятные условия для накопления физического и человеческого капитала, распространению инноваций, диверсификации производства – ключевых факторов экономического роста. Экстрактивные институты ориентированы на обеспечение эксклюзивной возможности элит управлять экономикой в целях извлечения выгоды того или иного рода; предоставляют инструменты ограничения экономической активности и эксплуатации широких слоев населения, допускают отчуждение собственности или доходов в интересах групп, осуществляющих политическую власть. Экстрактивные институты могут способствовать экономическому развитию за счет мобилизации ресурсов, осуществления целенаправленной структурной политики, централизованного управления наращиванием человеческого капитала. Тем не менее только инклюзивные институты способны обеспечивать долгосрочный экономический рост опережающего характера, сопровождаемый устойчивым повышением уровня жизни и благосостояния большей части населения. Государства, где инклюзивные институты преобладают, более стабильны во время внешних и внутренних кризисов, так как низкий максимальный уровень концентрации власти и доходов понижает градус борьбы за их обладание.

В качестве отдельного направления институционального девелопментализма представляется целесообразным выделить исследования, опирающиеся на идеологию и инструментарий эволюционной экономики. В рамках подобных исследований экономические изменения описываются как результат институциональных и технологических инноваций, возникающих в процессе генерации, отбора и накопления новых идей экономическими агентами. В ключевой работе Р. Нельсона и С. Уинтера (1982) поведение фирм объясняется не принципом максимизации пользы в условиях ограниченных ресурсов (как в неоклассической парадигме), а «рутинами» – «нормальными и предсказуемыми» стандартными способами действия, обусловленными технологическими и институциональными факторами [7].

Модель Нельсона-Уинтера описывает экономический рост как результирующее явление эволюционных процессов поиска, отбора и наследования рутин, характеризующих: производственные способы (стандартные управленческо-технологические рутины), правила принятия решений об инвестировании (стандартные инвестиционные рутины) и правила модификации производственных способов (поисковые рутины) в популяции экономических агентов, функционирующих в вероятностной внешней среде [7, с. 274–285]. Апробация данной модели на эмпирических данных позволила авторам утверждать, что межстрановые различия в темпах экономического роста и уровнях экономического развития в значительной мере обусловлены региональной спецификой диффузии инноваций.

Исследования институционально-обусловленного экономического развития в настоящее время находятся на переднем крае экономической теории, однако они затруднены ввиду отсутствия единой научной школы и методологической базы, а также узкой сосредоточенности исследователей на изучении отдельных аспектов институциональной среды. В работах Д. Аджемоглу (2005–2011) при помощи инструментария теории игр предпринята попытка расширения неоклассической модели долгосрочного экономического роста путем математической формализации влияния конфликтов распределения доходов на накопление физического и человеческого капитала, технологический прогресс, диффузию инноваций и эффективность производства.

Исследования Э. де Сото (1986–2002) сфокусированы на институциональной обусловленности теневой экономической деятельности и проблемах ее легализации и интеграции в целях ускорения экономического развития. Концепция институциональных матриц, разрабатываемая С.Г. Кирдиной-Чэндлер (2004–2014), объясняет различия в динамике экономического развития государств преобладанием устойчивого триплекса взаимосвязанных базовых институтов – экономических, политических и идеологических [4]. X-матрица базируется на институтах редиистрибутивной экономики, унитарного политического устройства и коммунитарной идеологии; в основе Y-матрицы лежат институты рыночной экономики, федеративного устройства и индивидуалистской идеологии. Ю. Хаями и В. Раттан (1985) объясняют институциональные различия стран исторически сложившимися альтернативными технологическими моделями аграрного производства – земле- или ресурсосберегающими [20]. Институциональным аспектам экономического роста и развития также посвящены работы следующих авторов: М. Олсон, Д. Норт, Э. Остром, Т. Хагерстранд, А. Мэддисон, М. Абрамовиц, М. Аоки, А.А. Аузан и др.

Отличительные черты институционального направления теории развития:

1) широкий категориальный спектр экономического развития: от позиций, увязывающих этот процесс с сокращением неравенства, до неоклассического отождествления с поступательным увеличением показателей ВВП;

2) в качестве ключевого фактора экономического развития рассматривается уровень развитости экономических, политических и социальных институтов или же уровень их соответствия некоему идеальному институциональному типу (матрице) в определенных исторических условиях;

3) традиционный экономический инструментарий дополняется историческими, социологическими, клиометрическими, бихевиористическими и этнологическими методами;

4) поскольку социальные и политические институты сложно поддаются контролируемому регулированию, институционалисты предлагают воздействовать на процессы экономического развития путем совершенствования экономических институтов: систем отношений собственности, контрактации и рыночных механизмов. Впрочем, отдельные исследователи концентрируют внимание на неэкономических мерах в сферах образования, культуры и национальной идентичности.

### **Заключение**

Безусловно, в рамках одного исследования трудно охватить абсолютно все существующие теории и концепции экономического роста и развития. Например, авторы не рассматривали отдельно научные работы, посвященные вопросам пространственного развития, предполагая их преимущественно методическо-инструментальный характер и идеологическую принадлежность к структуралистскому направлению теории экономического развития. Сознательно не выделялись в отдельное направление работы, посвященные экономическим циклам, так как в той или иной степени концепции циклично-

сти используются теоретиками каждой из теорий развития: циклы (или ритмы) Кузнеця в теории структурных изменений, кондратьевские циклы в депендентистском мир-системном анализе, шумпетеровские циклы в ряде моделей эндогенного роста. Отсутствие внимания к циклическим аспектам экономического развития также обусловлено авторской позицией насчет преимущественно стохастической природы экономических циклов, вследствие которой они с трудом поддаются прогнозированию и управлению.

Осознанно не рассматривался и категориальный аппарат теории экономического развития, так как разнообразие взглядов на его элементы среди представителей конкурирующих концепций настолько велико, что требует проведения отдельного исследования. Помимо этого, перспективными для дальнейших исследований с точки зрения выбранной проблематики представляются современные теоретические построения, пытающиеся синтезировать закономерности экономического развития на основе изучения и формализации биогеографических, культурных, институциональных и экономических различий. В особенности следует выделить так называемую «единую теорию роста» О. Галора, в которой сближаются и синкретизируются положения институциональной теории и эндогенных моделей экономического развития. Значительный интерес также представляет дальнейшее изучение причин и механизмов феномена экономической конвергенции стран и регионов.

Авторы считают, что проведенное исследование, основанное на изучении субстантивных, когнитивных, методологических и инструментальных аспектов, может способствовать лучшему пониманию альтернативных научных идеологий современной теории экономического развития. Представляется целесообразным учитывать его результаты при проведении дальнейших теоретико-методологических исследований по проблематике экономического роста и развития, в том числе – агроэкономических систем.

---

**Список источников**

1. Аджемоглу Д., Робинсон Дж.А. Почему одни страны богатые, а другие бедные. Происхождение власти, процветания и денег; перевод с англ. Москва: АСТ, 2015. 575 с.
2. Баран П. К экономической теории общественного развития; перевод с англ. Москва: Издательство иностранной литературы, 1960. 429 с.
3. Барро Р.Дж., Сала-и-Мартин Х. Экономический рост; перевод с англ. Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2010. 824 с.
4. Кирдина С.Г. Институциональные матрицы и развитие России: введение в X-Y теорию. Санкт-Петербург: ООО «Нестор-История», 2014. 468 с.
5. Маркс К. Капитал. Критика политической экономии. Т. 3. Ч. 1 и 2. Кн. III: Процесс капиталистического производства, взятый в целом. Москва: Госполитиздат, 1951. 932 с.
6. Мюрдаль Г. Современные проблемы третьего мира; перевод с англ. Москва: Прогресс, 1972. 767 с.
7. Нельсон Р.Р., Уинтер С.Д. Эволюционная теория экономических изменений; перевод с англ. Москва: Дело, 2002. 536 с.
8. Норт Д.С. Институты и экономический рост: историческое введение // Thesis. 1993. № 2. С. 69–91.
9. Теняков И.М. Современный экономический рост: источники, факторы, качество: монография. Москва: Экономический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, 2015. 176 с.
10. Фельдман Г.А. К теории темпов народного дохода. Ч. 1 // Плановое хозяйство. 1928. № 11. С. 146–170.
11. Шаститко А.Е. Новая институциональная экономическая теория. 3-е изд., перераб. и доп. Москва: ТЕИС, 2002. 591 с.
12. Эггертссон Т. Экономическое поведение и институты; перевод с англ. Москва: Дело, 2001. 408 с.
13. Acemoglu D. Introduction to Modern Economic Growth. Princeton: Princeton University Press, 2011. 1009 p.
14. Amin S. Unequal Development: An Essay on the Social Formations of Peripheral Capitalism. Hassocks: The Harvester Press Limited, 1976. 440 p.

15. Arezki R., Hadri K., Loungani P., Y. Rao. Testing the Prebisch-Singer Hypothesis Since 1650: Evidence from Panel Techniques that Allow for Multiple Breaks // *Journal of International Money and Finance*. 2014. Vol. 42. Pp. 208–223.
16. Arrow K.J. The Economic Implications of Learning by Doing // *The Review of Economic Studies*. 1962. Vol. 3. Pp. 155–173.
17. Cardoso F.H., Faletto E. *Dependência e Desenvolvimento na América Latina: Ensaio de Interpretação Sociológica*. Quarta Edição. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1977. 143 p.
18. Chenery H.B., Strout A.M. Foreign Assistance and Economic Development // *American Economic Review*. 1966. Vol. 56, No. 4. Pp. 649–733.
19. Fei J.C.H., Ranis G. *Agrarianism, Dualism and Economic Development*. Center Discussion Paper, No. 2. Yale University, Economic Growth Center, New Haven, CT, 1966. 72 p.
20. Hayami Y., Ruttan V.W. Toward a Theory of Induced Institutional Innovation // *Journal of Development Studies*. 1984. Vol. 20, No. 4. Pp. 203–223.
21. Hirschman A.O. *The Strategy of Economic Development*. New Haven: Yale University Press, 1958. 217 p.
22. Kuznets S. *Modern Economic Growth, Rate, Structure and Spread*. London: New Haven and London, Yale University Press, 1966. 529 p.
23. Lewis W.A. Economic Development with Unlimited Supplies of Labour // *The Manchester School*. 1954. Vol. 22, No. 2. Pp. 400–449.
24. Murphy K.M., Shleifer A., Vishny R.W. Industrialization and the Big Push // *Journal of Political Economy*. 1989. Vol. 96, No. 5. Pp. 1003–1026.
25. Nævdal E. New Insights from the Canonical Ramsey-Cass-Koopmans Growth Model // *Macroeconomic Dynamics*. 2020. Vol. 25, No. 6. Pp. 1–9. DOI: 10.1017/S1365100519000786.
26. Nurkse R. *Problems of Capital Formations in Underdeveloped Countries*. Oxford: Basil Blackwell, 1953. 171 p.
27. Reinert E. *Development and Social Goals: Balancing Aid and Development to Prevent 'Welfare Colonialism'*. TUT Institute of Public Administration, The Other Canon Foundation and Tallinn University of Technology Working Papers in Technology Governance and Economic Dynamics, 2006. 26 p.
28. Romer P.M. Endogenous Technological Change // *Journal of Political Economy*. 1990. Vol. 98, No. 5. Pp. 71–102.
29. Rostow W.W. The Take-Off into Self-Sustained Growth // *The Economic Journal*. 1956. Vol. 66, No. 261. Pp. 25–48.
30. Singer H.W. *International Development: Growth and Change*. New York and London: McGraw-Hill, 1964. 295 p.
31. Solow R.M. A Contribution to the Theory of Economic Growth // *Quarterly Journal of Economic Growth*. 1956. Vol. 70, No. 1. Pp. 65–94.
32. Swan T.W. Economic Growth and Capital Accumulation // *Economic Record*. 1956. Vol. 32, No. 2. Pp. 334–361.
33. Todaro M.P., Smith S.C. *Economic Development*. 12<sup>th</sup> ed. Boston: Pearson Education, 2014. 891 p.

#### References

1. Acemoglu D., Robinson J.A. *Pochemu odni strany bogatye, a drugie bednye. Proiskhozhdenie vlasti, protsvetaniya i deneg; perevod s angl. [Why Nations Fail: The Origins of Power, Prosperity, and Poverty; translated from English]*. Moscow: AST; 2015. 575 p. (In Russ.).
2. Baran P. *K ekonomicheskoy teorii obshchestvennogo razvitiya; perevod s angl. [The Political Economy of Growth; translated from English]*. Moscow: Izdatel'stvo inostrannoj literatury; 1960. 429 p. (In Russ.).
3. Barro R.J., Sala-i-Martin X. *Ekonomicheskij rost; perevod s angl. [Economic Growth; translated from English]*. Moscow: Binom. Laboratoriya Znanij; 2010. 824 p. (In Russ.).
4. Kirdina S.G. *Institutsional'nye matritsy i razvitie Rossii: vvedenie v X-Y teoriiyu [Institutional Matrices and Russia's Development: An Introduction to X-Y Theory]*. St. Petersburg: Nestor-Istoriya OOO; 2014. 468 p. (In Russ.).
5. Marx K. *Kapital. Kritika politicheskoy ekonomii*. T. 3. Ch. 1 i 2. Kn. III: *Process kapitalisticheskogo proizvodstva, vzyaty v tselom [Capital. Criticism of Political Economy. Vol. 3. Part 1 and 2. Book III: The Process of Capitalist Production Taken as a Whole]*. Moscow: Gospolitizdat; 1951. 932 p. (In Russ.).
6. Myrdal G. *Sovremennye problemy tret'ego mira; perevod s angl. [Asian Drama: An Inquiry into the Poverty of Nations; translated from English]*. Moscow: Progress; 1972. 767 p. (In Russ.).
7. Nelson R.R., Winter S.G. *Evolutsionnaya teoriya ekonomicheskikh izmenenij; perevod s angl. [An Evolutionary Theory of Economic Change; Poverty; translated from English]*. Moscow: Delo; 2002. 536 p. (In Russ.).
8. North D.C. *Instituty i ekonomicheskij rost: istoricheskoe vvedenie [Institutions and Economic Growth: A Historical Introduction]*. *Thesis*. 1993;2:69-91. (In Russ.).
9. Tenyakov I.M. *Sovremennyy ekonomicheskij rost: istochniki, faktory, kachestvo: monografiya [Modern Economic Growth: Sources, Factors, Quality: monograph]*. Moscow: Lomonosov Moscow State University, Faculty of Economics; 2015. 176 p. (In Russ.).
10. Feldman G.A. *K teorii tempov narodnogo dokhoda. Ch. 1 [On the Theory of National Income Rates. Part 1]*. *Planovoe khozyaystvo = Planned Economics*. 1928;11:146-170. (In Russ.).

11. Shastitko A.E. *Novaya institutsional'naya ekonomicheskaya teoriya*. 3-e izd., pererab. i dop. [New Institutional Economic Theory. 3rd ed., revised and enlarged]. Moscow: TEIS; 2002. 591 p. (In Russ.).
12. Eggertsson T. *Ekonomicheskoe povedenie i instituty*; perevod s angl. [Economic Behavior and Institutions; translated from English]. Moscow: Delo; 2001. 408 p. (In Russ.).
13. Acemoglu D. *Introduction to Modern Economic Growth*. Princeton: Princeton University Press; 2011. 1009 p.
14. Amin S. *Unequal Development: An Essay on the Social Formations of Peripheral Capitalism*. Harsocks: The Harvester Press Limited; 1976. 440 p.
15. Arezki R., Hadri K., Loungani P., Y. Rao. Testing the Prebisch-Singer Hypothesis Since 1650: Evidence from Panel Techniques that Allow for Multiple Breaks. *Journal of International Money and Finance*. 2014;42:208-223.
16. Arrow K.J. The Economic Implications of Learning by Doing. *The Review of Economic Studies*. 1962;3:155-173.
17. Cardoso F.H., Faletto E. *Dependência e Desenvolvimento na América Latina: Ensaio de Interpretação Sociológica*. Quarta Edição. Rio de Janeiro: Zahar Editores; 1977. 143 p.
18. Chenery H.B., Strout A.M. Foreign Assistance and Economic Development. *American Economic Review*. 1966;56(4):649-733.
19. Fei J.C.H., Ranis G. *Agrarianism, Dualism and Economic Development*. Center Discussion Paper, No. 2. Yale University, Economic Growth Center, New Haven, CT; 1966. 72 p.
20. Hayami Y., Ruttan V.W. Toward a Theory of Induced Institutional Innovation. *Journal of Development Studies*. 1984;20(4):203-223.
21. Hirschman A.O. *The Strategy of Economic Development*. New Haven: Yale University Press; 1958. 217 p.
22. Kuznets S. *Modern Economic Growth, Rate, Structure and Spread*. London: New Haven and London, Yale University Press; 1966. 529 p.
23. Lewis W.A. Economic Development with Unlimited Supplies of Labour. *The Manchester School*. 1954;22(2):400-449.
24. Murphy K.M., Shleifer A., Vishny R.W. Industrialization and the Big Push. *Journal of Political Economy*. 1989;96(5):1003-1026.
25. Nævdal E. New Insights from the Canonical Ramsey-Cass-Koopmans Growth Model. *Macroeconomic Dynamics*. 2020;25(6):1-9. DOI: 10.1017/S1365100519000786.
26. Nurkse R. *Problems of Capital Formations in Underdeveloped Countries*. Oxford: Basil Blackwell; 1953. 171 p.
27. Reinert E. Development and Social Goals: Balancing Aid and Development to Prevent 'Welfare Colonialism'. TUT Institute of Public Administration, The Other Canon Foundation and Tallinn University of Technology Working Papers in Technology Governance and Economic Dynamics; 2006. 26 p.
28. Romer P.M. Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*. 1990;98(5):71-102.
29. Rostow W.W. The Take-Off into Self-Sustained Growth. *The Economic Journal*. 1956;66(261):25-48.
30. Singer H.W. *International Development: Growth and Change*. New York and London: McGraw-Hill; 1964. 295 p.
31. Solow R.M. A Contribution to the Theory of Economic Growth. *Quarterly Journal of Economic Growth*. 1956;70(1):65-94.
32. Swan T.W. Economic Growth and Capital Accumulation. *Economic Record*. 1956;32(2):334-361.
33. Todaro M.P., Smith S.C. *Economic Development*. 12<sup>th</sup> ed. Boston: Pearson Education; 2014. 891 p.

#### **Информация об авторах**

А.А. Тютюников – кандидат экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела экономики АПК и агропродовольственных рынков, Научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-Черноземного района – филиал ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр имени В.В. Докучаева», tytnn@rambler.ru.

Т.В. Закшевская – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления в АПК ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», tvzak@bk.ru.

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

A.A. Tiutiunikov, Candidate of Economic Sciences, Docent, Leading Research Scientist, Department of Economics of the Agro-industrial Complex and Agri-Food Markets, Research Institute of Economics and Organization of Agro-Industrial Complex of Central Black Earth Region – Branch of Federal Government Budgetary Scientific Institution "Voronezh Federal Agricultural Scientific Centre named after V.V. Dokuchaev", tytnn@rambler.ru.

T.V. Zakhevskaya, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Management and Marketing in Agro-industrial Complex, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, tvzak@bk.ru.

**Статья поступила в редакцию 19.04.2022; одобрена после рецензирования 30.05.2022; принята к публикации 16.06.2022.**

**The article was submitted 19.04.2022; approved after revision 30.05.2022; accepted for publication 16.06.2022.**

© Тютюников А.А., Закшевская Т.В., 2022

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НАРОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ  
(ПО ОТРАСЛЯМ И СФЕРАМ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ)  
(ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 338.43

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2022\_2\_126

**Состояние и развитие отраслей I и III сфер АПК России**

**Иван Михайлович Четвертаков<sup>1✉</sup>, Валентина Петровна Четвертакова<sup>2</sup>,  
Александра Михайловна Воробьева<sup>3</sup>**

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

<sup>2, 3</sup>Воронежский институт экономики и социального управления, Воронеж, Россия

<sup>1</sup>926559@list.ru✉

**Аннотация.** АПК играет ведущую роль в производстве сельскохозяйственного сырья и обеспечения населения России продовольствием, при этом одним из главных условий его динамичного развития является сбалансированность всех трех сфер, так как по их вкладу в стоимость конечного продукта можно судить о возникающих диспропорциях. В частности, недостаточно высокий уровень развития I сферы АПК обедняет материально-техническую базу сельского хозяйства, снижает его производственный потенциал и результаты деятельности. Устаревшие технологии пищевой и перерабатывающей промышленности не позволяют создать изобилие высококачественных продуктов питания и заставляют занижать цены на сырье, закупаемое у сельскохозяйственных производителей. В связи с этим авторами проведены исследования с целью оценки современного состояния АПК, выявления проблем и тенденций развития I и III сфер АПК как важнейших составляющих экономики страны. В ходе выполнения работы применялись системный подход, абстрактно-логический, диалектический, экономико-статистический, прогнозный и расчетно-конструктивный методы исследования. Изучены тенденции изменения объемов производства сельскохозяйственной техники, минеральных удобрений, продукции пищевой и перерабатывающей промышленности. Выявлены проблемы и факторы, определяющие развитие и деградацию отдельных отраслей I и III сфер АПК, дана оценка современного состояния этих отраслей и определены резервы их роста и развития. Сделаны выводы о негативном влиянии либеральных реформ 90-х годов XX в., о необходимости и возможности развития I и III сфер АПК РФ с целью совершенствования отечественного сельского хозяйства, улучшения качества продукции, увеличения ассортимента, более полного обеспечения населения страны продуктами питания и расширения экспорта продовольствия.

**Ключевые слова:** АПК, объемы производства, экономические взаимоотношения, ценовой паритет, факторы и резервы роста, перспективы развития

**Для цитирования:** Четвертаков И.М., Четвертакова В.П., Воробьева А.М. Состояние и развитие отраслей I и III сфер АПК // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 2(73). С. 126–136. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_2\\_126-136](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_126-136).

ECONOMICS AND MANAGEMENT OF THE NATIONAL ECONOMY  
(BY BRANCHES AND FIELDS OF ACTIVITY)  
(ECONOMIC SCIENCES)

Original article

**Current status and development trends of industries  
of spheres I and III of Russian Agro-Industrial Complex**

**Ivan M. Chetvertakov<sup>1✉</sup>, Valentina P. Chetvertakova<sup>2</sup>, Alexandra M. Vorobieva<sup>3</sup>**

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

<sup>2, 3</sup>Voronezh Institute of Economics and Social Management, Voronezh, Russia

<sup>1</sup>926559@list.ru✉

**Abstract.** The Agro-Industrial Complex plays a leading role in the production of agricultural raw materials and the provision of food to the population of Russia, while one of the main conditions for its dynamic development is the balance of all three spheres, since their contribution to the cost of the final product can be judged by the emerging imbalances. In particular, the insufficiently high level of development of the sphere I of the Agro-Industrial Complex reduces the poverty of material and technical base of agriculture, its production potential and results of functioning. Outdated technologies of the food and processing industry do not allow creating an abundance of high-quality food products and force to lower prices for raw materials purchased from agricultural producers. In this regard, the authors conducted research to assess the current status of the Agro-Industrial Complex, identify

problems and trends in the development of the spheres I and III of the AIC as the most important components of the country's economy. In the course of the work, a systematic approach, abstract-logical, dialectical, economic-statistical, predictive and computational-constructive research methods were used. Trends in the volume of production of agricultural machinery, mineral fertilizers, food and processing industry products have been studied. The problems and factors determining the development and degradation of certain industries of the spheres I and III of the Agro-Industrial Complex are identified, the current status of these industries is assessed and reserves for their growth and development are determined. Conclusions are drawn about the negative impact of the liberal reforms of the 90s of the twentieth century, about the need and possibility of developing the spheres I and III of the AIC of the Russian Federation in order to improve domestic agriculture, product quality, increase the assortment, more fully provide the country's population with food and expand food exports.

**Keywords:** Agro-Industrial Complex, production volumes, economic relations, price parity, growth factors and reserves, development prospects

**For citation:** Chetvertakov I.M., Chetvertakova V.P., Vorobieva A.M. Current status and development trends of industries of the spheres I and III of Russian Agro-Industrial Complex. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(2):126-136. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_2\\_126-136](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_126-136).

**А**гропромышленный комплекс (АПК) – сложная производственная система, состоящая из совокупности технологически и экономически взаимосвязанных отраслей, занятых производством сельскохозяйственной продукции, ее хранением, переработкой, реализацией и обеспечивающих производящие и перерабатывающие предприятия средствами производства.

АПК играет ведущую роль в производстве сельскохозяйственного сырья и обеспечения населения продовольствием. Практически все отрасли национальной экономики прямо или косвенно участвуют в функционировании АПК, структура которого включает три сферы: I сфера – производство средств производства для сельского хозяйства; II сфера – собственно сельское хозяйство; III сфера – переработка и реализация готовой продукции.

Эффективность функционирования АПК определяется уровнем развития и гармоничностью экономических отношений отраслей всех трех сфер АПК. Темпы развития отдельных отраслей аграрной экономики в последние десятилетия существенно различались, изменялись и ценовые соотношения на продукцию данных отраслей. При этом не достигнуты оптимальные пропорции между объемами производства, много противоречий в экономических отношениях между технологически взаимосвязанными отраслями, наблюдается и ценовой диспаритет при межотраслевом обмене продукцией. В связи с этим для достижения высоких темпов развития всех отраслей и сфер АПК актуальным является исследование проблем и разработка перспектив развития отдельных сфер комплекса, позволяющих повысить темпы экономического роста взаимосвязанных частей АПК и прежде всего сельского хозяйства, у которого есть прямые связи как с I, так и с III сферой. Улучшение пропорций развития и гармонизация экономических отношений отраслей, подкомплексов и сфер будет способствовать повышению экономической эффективности функционирования АПК в целом.

Состояние, тенденции и перспективы развития отраслей и сфер АПК постоянно находят отражение в научных исследованиях аграрных ученых-экономистов. При этом состояние и развитие II и III сфер затрагивалось при исследовании отраслей сельского хозяйства [3, 5, 6, 11, 12]. Иногда достаточно глубоко исследуются вопросы отдельных отраслей I и III сфер АПК [2, 4, 10]. В некоторых работах рассматриваются проблемы развития АПК в целом, включая I и III сферы [1, 9]. Вместе с тем отсутствие решения некоторых застарелых проблем АПК и появление новых задач в процессе развития требуют расширения и углубления исследований обозначенного объекта. Проблема заключается в наличии количественных и качественных несоответствий различных сфер АПК РФ друг другу, что снижает эффективность функционирования каждой из них и агропромышленного комплекса страны в целом.

Цель представленного исследования состояла в изучении проблем, установлении тенденций роста, оценке современного состояния, позволяющих определить направле-



ния и перспективы развития I и III сфер АПК как важнейших составляющих экономики страны и оказывающих наибольшее влияние на функционирование центрального звена АПК – сельского хозяйства.

В процессе выполнения исследования применялись системный подход, абстрактно-логический, диалектический, экономико-статистический, прогнозный и расчетно-конструктивный методы.

Либеральные реформы, устранившие централизованное регулирование цен в РФ в начале 90-х годов XX в., оказали отрицательное влияние не только на развитие сельского хозяйства, но и связанные с ним отрасли I и III сфер АПК. Сложившийся в пользу данных сфер диспаритет цен не привел к их расцвету, как это можно было ожидать, а показал, что агропромышленный комплекс России – это единая система и нарушение в ней баланса и нормального функционирования в одной из подсистем (в данном случае в сельском хозяйстве) приводит к сокращению объемов производства и деструктивным изменениям и в других сферах АПК.

При переходе к рыночному регулированию экономики РФ предприятия тракторного и сельскохозяйственного машиностроения, входящие в I сферу АПК, в своей ценовой стратегии повели себя так, как и подобает региональным монополистам, т.е. начали устанавливать монопольно высокие цены на свою продукцию. Это снизило на нее спрос со стороны сельскохозяйственных предприятий страны, основных покупателей данной продукции.

Относительное снижение закупочных цен на сельскохозяйственное сырье (зерно, корнеплоды сахарной свеклы, семена подсолнечника, молоко, скот на мясо и др.) со стороны предприятий III сферы (хлебных элеваторов, сахарных заводов, мельниц, маслоэкстракционных заводов, молоко- и сырзаводов, мясокомбинатов и др.) существенно ухудшило финансовые возможности производителей сельскохозяйственной продукции, что еще больше снизило их платежеспособный спрос на продукцию I сферы и привело к затовариванию и падению объемов производства в данных предприятиях.

В 1990 г. в России было произведено 214 тыс. тракторов (табл. 1), в 1994 г. – в 7,4 раза меньше, а в 1998 г. сокращение их выпуска приняло обвальный характер – в 21,8 раза относительно 1990 г. Вместе с тем необходимо отметить, что с 1990 по 1993 г. увеличилось производство минитракторов (с 1300 до 7800 шт.) с расчетом на спрос со стороны вновь создаваемых крестьянских (фермерских) хозяйств. Однако, как показала практика, фермеры нуждаются в основном в тракторах средней мощности, и к 1998 г. производство минитракторов в РФ снизилось в 78 раз по сравнению с 1993 г. (до 100 тракторов в год).

В 90-е годы наблюдалось многократное сокращение объема выпуска практически всех видов машин, производимых отраслью сельскохозяйственного машиностроения. И если производство тракторных косилок уменьшилось с 1990 по 1996 г. всего в 6,8 раза, то сеялок к 1998 г. – в 39,3, зерноуборочных комбайнов – в 65,7, доильных установок – в 76,8 раза. В 1999–2001 гг. производство большинства видов продукции тракторного и сельскохозяйственного машиностроения начинает медленно восстанавливаться, но все еще составляет незначительную долю от объемов дореформенного производства. Так, например, в 2000 г. в РФ было выпущено всего 9,1% тракторов, зерноуборочных комбайнов – 7,9, кормоуборочных комбайнов – 5,0, сеялок – 10,2, доильных установок – 1,3% от уровня 1990 г.

До настоящего времени эта отрасль полностью не восстановилась. Объемы производства основных видов техники остались на уровне конца XX – начала XXI в. Так, выпуск тракторов для нужд сельского и лесного хозяйства в 2018 г. составил 7089 шт., или те же 9,1%, как и было в 2000 г., а зерноуборочных комбайнов – 4628 шт., или 7,0% к уровню 1990 г. и 89,0% – к объему производства 2000 г.

**Таблица 1. Производство тракторов и сельхозмашин  
в Российской Федерации, 1990–2018 гг. [7, 8]**

Виды техники	Годы									2018 г. в % к 1990 г.
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	
Тракторы, тыс. шт.	214	21,2	19,2	–	6,9	5,5	6,3	7,3	7,1	3,3
Из общего числа тракторов – тракторы мощностью двигателя 100 л.с. и более, тыс. шт.	77,8	6,6	7,1	–	–	–	–	–	–	–
Минитракторы, тыс. шт.	1,3	1,2	0,5	0,7	–	–	–	–	–	–
Плуги тракторные, тыс. шт.	85,7	4,0	2,8	2,4	–	–	–	–	–	–
Сеялки тракторные, тыс. шт.	51,1	1,6	5,2	6,5	2,5	2,1	9,1	8,7	8,9	17,4
Культиваторы тракторные, тыс. шт.	101,0	2,0	4,7	8,8	25,6	13,0	50,8	49,5	35,4	35,0
Комбайны, тыс. шт.:										
зерноуборочные	65,7	6,2	5,2	7,5	4,3	4,4	6,1	7,6	4,6	7,0
в том числе Дон-1500	14,7	2,1	1,9	–	–	–	–	–	–	–
картофелеуборочные	6,4	–	0,001	–	–	–	–	–	–	–
кормоуборочные	10,1	0,5	0,5	0,4	0,3	0,4	–	–	–	–
Косилки тракторные, тыс. шт.	22,6	5,1	6,5	2,6	3,2	4,4	6,8	6,8	5,7	25,2
Погрузчики универсальные с.-х. назначения, тыс. шт.	29,2	1,7	1,5	2,4	–	–	2,1	2,4	2,0	6,9
Машины для внесения минеральных удобрений и извести, тыс. шт.	21,1	0,08	0,2	0,2	0,5	0,3	0,3	0,6	0,8	3,8
Дробилки для кормов, тыс. шт.	0,4	1,1	2,3	3,2	81,2	82,0	99,3	107,0	116,0	29 000
Доильные установки, тыс. шт.	30,7	0,5	0,4	0,3	2,5	10,8	3,8	3,9	3,3	10,7
Автопоилки для ферм КРС, тыс. шт.	3690	44,9	22,7	32,6	–	–	–	–	–	–

Очень низким был объем производства сельскохозяйственных машин в 2018 г. относительно 1990 г. (сеялок тракторных – 17,4%, культиваторов – 35,0, косилок тракторных – 25,2, погрузчиков универсальных сельскохозяйственного назначения – 6,9, машин для внесения в почву минеральных удобрений – 3,8, доильных установок – 10,7%), увеличился только выпуск кормодробилок в 290 раз.

Низкая конкурентоспособность отечественных производителей тракторов и сельхозмашин не позволяет им выйти на мировые рынки и экспортировать технику в другие страны за исключением кормодробилок, небольшого количества зерноочистительных машин и некоторых других изделий. В суммарном общемировом объеме экспортных поставок тракторов в 2017 г. 50,5% пришлось на Германию, США, Италию, Францию и 53,6% экспорта сельхозмашин – на Германию, США, Китай, Италию, Голландию.

Уменьшение финансовых возможностей для инвестирования в сельскохозяйственное производство из-за возникшего в начале 90-х годов диспаритета цен отрицательным образом отразилось и на производстве минеральных удобрений. Но поскольку отрасль смогла существенно расширить экспорт своей продукции в другие страны, то последствия снижения внутреннего спроса были не столь разрушительными, как для других отраслей I сферы АПК. Тем не менее уже в 1994 г. объем производства всех видов минеральных удобрений в РФ снизился до 51,7% от уровня 1990 г. При этом наибольший объем сокращения был по фосфорным удобрениям – в 2,9 раза и

наименьший – по калийным: в 1,5 раза. В последующие годы происходит наращивание их производства на основе расширения экспорта, в 2000 г. в РФ произвели относительно объемов 1990 г. 81,0% азотных, 48,1% – фосфорных и 104,4% – калийных удобрений. И это при том, что использование их в отечественном сельском хозяйстве за эти годы сократилось в 7,1 раза в целом по РФ и в 8,5 раза – в ЦЧР.

В XXI в. производство минеральных удобрений в РФ получило быстрое развитие, и в 2018 г. их общий выпуск составил 249%, в том числе азотных – 269,7, калийных – 302,3% к объемам 1990 г. Существенный экономический рост в данном сегменте химической промышленности стал возможен за счет активного наращивания производственных мощностей. В настоящее время Российская Федерация занимает второе место по сумме мощностей для производства азотных, калийных и комплексных (NPK) удобрений и четвертое место в мире – по мощностям для выпуска фосфорных удобрений. Но тем не менее это в незначительной степени улучшило ситуацию в отечественном растениеводстве, поскольку в 2018 г. только 28,4% всех произведенных в стране минеральных удобрений были использованы для нужд собственного сельского хозяйства и 71,6% поступило на экспорт.

В результате отмены государственного регулирования цен и приватизации предприятий пострадали не только I и II сферы АПК, но и предприятия пищевой и перерабатывающей промышленности, которые входят в III сферу. Хотя с 1990 по 2000 г. число предприятий пищевой промышленности увеличилось с 5,6 тыс. до 25,4 тыс., объем производства продукции уменьшился. Падение производства в этой отрасли началось с 1991 г. и продолжилось до 1997 г. включительно. В 1997 г. объем промышленного производства в пищевой промышленности РФ составил всего 46,9% относительно показателей 1990 г.

Кризис отрасли был вызван комплексом причин. Прежде всего, следует отметить сокращение поступления сырья: корнеплодов сахарной свеклы, фруктов, молока, животных на убой, зерна и др. в связи с многократным сокращением их производства в отечественном сельском хозяйстве. Многие предприятия стали переходить на сырье, произведенное сельскими товаропроизводителями зарубежных стран: импортный сахар-сырец, мороженое мясо, порошковое молоко, фрукты, что позволило снизить объемы производства в пищевой промышленности в несколько меньших размерах, чем было падение производства сырья в отечественном сельском хозяйстве.

Отрицательное влияние на объемы производства оказывало усиление конкуренции на внутреннем продовольственном рынке со стороны зарубежных производителей и уменьшение покупательского спроса в связи со снижением уровня доходов населения в 90-е годы. В результате воздействия этого комплекса позитивно и негативно действующих факторов, объем производства в пищевой промышленности к 1998 г. сократился в 2,1 раза. Производительность труда снизилась в 2,0 раза, а уровень рентабельности даже при существенном диспаритете цен в пользу данной отрасли упал с 19,0% в 1991 г. до 5,5% – в 1996 г. Можно отметить некоторое оживление в пищевой промышленности, как и в других отраслях АПК, начавшееся в 1998 г. Однако до восстановления дореформенных показателей функционирования отраслей еще очень далеко.

Направления изменения объемов производства основных видов продукции пищевой и мукомольно-крупяной промышленности в целом совпадают, но вместе с тем имеются большие различия в темпах и общих размерах сокращения выпуска продукции. Так, производство мяса, включая субпродукты I категории, сократилось до самого низкого уровня в 1999 г. – в 5,9 раза по сравнению с 1990 г., колбасных изделий – в 2,4 раза (табл. 2). В 1997 г. цельномолочной продукции стали выпускать меньше в 4,0 раза по сравнению с 1990 г., также меньше производили сыров жирных – в 2,6 раза, масла животного – в 3,2 раза.

Таблица 2. Производство основных видов продукции пищевой и мукомольно-крупяной промышленности в РФ [7, 8]

Виды продукции	Годы										2019 г. в % к 1990 г.
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	
Сахар-песок, тыс. т	3 758	3 155	6 077	5 600	4 751	5 743	5 796	6 665	6 273	7 310	194,5
Хлеб и хлебобулочные изделия, млн т	18,2	11,3	9,0	8,0	7,1	6,7	6,5	6,7	6,1	6,0	32,9
Кондитерские изделия, тыс. т	2 869	1 372	1 628	2 416	2 890	3 495	3 612	3 783	3 914	3 931	137,0
Макаронные изделия, тыс. т	1 038	603	704	993	1 063	1 014	1 311	1 399	1 415	1 437	138,4
Мука, млн т	20,7	14,0	12,1	10,4	9,9	9,9	9,8	9,6	9,6	9,5	45,9
Крупа, тыс. т	2 854	1 418	932	960	1279	1430	1132	1316	1326	1334	46,7
Масла растительные, тыс. т	1 159	802	1 375	2 193	3 091	4 660	5 204	5 728	5 940	6 688	577,0
Консервы, млн усл. банок	8 206	2 428	3 223	9 360	10 784	10 132	9 620	5 959	6 118	6 158	75,0
Мясо, включая субпродукты I категории, тыс. т	6 629	2 370	1 193	1 857	3 958	6 631	7 018	7 494	7 801	7 654	115,5
Колбасные изделия, тыс. т	2 283	1 293	1 052	2 014	2 276	2 279	2 214	2 257	2 280	2 272	99,5
Мясные полуфабрикаты, тыс. т	1 075	268	244	987	1 625	2 911	3017	3 060	3 276	3 560	331,2
Масло животное, тыс. т	833	421	267	254	212	258	251	270	267	260	31,2
Цельномолочная продукция (в пересчете на молоко), млн т	20,8	5,6	6,2	9,7	4,9	5,4	5,4	5,3	5,4	5,3	25,5
Сыры жирные (включая брынзу), тыс. т	458	218	221	378	1120*	1386*	450	464	467	524	114,4
Улов рыбы и добыча других морепродуктов, млн т	7,9	3,9	3,8	-	3,6	3,8	3,8	4,2	4,2	4,2	53,3

Примечание: \* – с учетом творага.

Снижение производства молока во всех категориях хозяйств в РФ в 1996–2000 гг. в 1,6 раза по сравнению с 1986–1990 гг. привело к многократному сокращению производства животного масла, где молоко используется в качестве сырья. Так, в 2000 г. масла в РФ было произведено в 3,1 раза меньше, чем в 1990 г. В ЦЧР сокращение выпуска масла за эти годы составило 3,2 раза с колебаниями от 2,3 раза в Белгородской и Липецкой областях до 4,4 раза – в Курской и Тамбовской областях. Здесь сказались не только сокращение производства сырья, но и конкуренция зарубежных производителей, которая наиболее сильно проявилась в этом концентрированном молочном продукте, наиболее удобном для транспортировки на дальние расстояния.

В XXI в. мясная промышленность восстановилась и достигла дореформенного уровня. Так, в 2019 г. колбасных изделий в стране было произведено 99,5%, а мяса и субпродуктов – 115,5% к объемам 1990 г. В молочной промышленности в 2019 г. только сыров произвели на уровне 114,4%, масла сливочного – 31,2, молока – 25,5% к объему 1990 г., т.е. на уровне 2000 г.

Несколько меньше пострадала мукомольно-крупяная промышленность. Так, производство муки в 2001 г. уменьшилось в 1,8 раза, крупы меньше всего произвели в 1999 г. – в 3,2 раза относительно 1990 г. Наибольшее падение объема производства

хлеба и хлебобулочных изделий приходится на 1998 г. – в 2,1 раза, а масла растительного в 1997 г. – в 1,7 раза меньше, чем в 1990 г.

Поскольку в 90-е годы производство подсолнечника во всех категориях хозяйств РФ из-за благоприятной рыночной конъюнктуры в отличие от других культур увеличилось на 6,8% в 1996–2000 гг. по отношению к 1986–1990 гг., то можно было ожидать рост производства растительного масла. Однако предприятия маслоэкстракционной промышленности давали столь низкую цену, что сельскохозяйственные предприятия предпочли существенно увеличить его реализацию на экспорт. В результате в 1997 г. масла растительного в России произвели в 1,7 раза меньше, чем в 1990 г., и только в 2000 г. был превышен уровень производства 1990 г. – на 18,7%.

В ЦЧР до середины 90-х годов производство растительного масла уменьшалось и составило в 1995 г. всего 58,5% от объема его производства в 1990 г. С 1996 г. происходило увеличение производства растительного масла, в 2000 г. его объем на 41,2% был больше, чем в 1990 г. Этому способствовало значительное расширение площадей, занимаемых подсолнечником (доминирующей масличной культурой), и превышение в 1996–2000 гг. объемов его производства во всех категориях хозяйств ЦЧР (основном регионе выращивания) на 20,3% по сравнению с 1986–1990 гг.

Значительный прогресс в росте объемов производства растительного масла был достигнут сельхозпроизводителями Белгородской области, которые с 1990 по 2000 г. увеличили его выпуск в 2,3 раза, т.е. их доля стала составлять 10,2% всего производства в РФ. В то же время ведущий производитель данного продукта в ЦЧР – Воронежская область – прибавила в 2000 г. лишь 1,9% по отношению к 1990 г. и постепенно утрачивала свои позиции на рынке растительного масла. Вклад остальных областей ЦЧР в производство данного продукта незначителен.

К настоящему времени не достигнуты значения половины объемов производства муки, круп и хлебобулочных изделий – соответственно только 45,9, 46,7 и 32,9% к уровню 1990 г. Вместе с тем производство растительного масла (преимущественно подсолнечного) с 1997 по 2018 г. постоянно увеличивалось и выросло за этот период в 9,7 раза, составив 577,0% к уровню 1990 г.

Удовлетворительно развивалась лишь свеклосахарная промышленность. Несмотря на тот факт, что из-за падения объемов производства сахарной свеклы выработка из нее сахара сократилась в 1998 г. в 2,1 раза, однако за счет увеличения переработки импортного сахара-сырца в 2,9 раза общий объем производства сахара-песка 90 заводами России в 1999 г. был в 1,8 раза больше, чем в 1990 г. К 2000 г. рост производства сахара относительно 1990 г. несколько снизился и был выше в 1,6 раза. В такой же степени увеличилось производство сахара-песка в Центрально-Черноземном регионе. Здесь лучших результатов добились сельхозтоваропроизводители Тамбовской области: с 1990 г. по 2000 г. они увеличили объем производства в 4,2 раза и по общему объему выпуска сахара-песка обогнали производителей Воронежской области, которым ранее, в 1990 г., уступали и весьма значительно – их отставание было в 3,3 раза. Сократила объем производства сахара в эти годы лишь промышленность Курской области. Производители сахара Белгородской области увеличили объем производства более чем в 2 раза и вышли в число лидеров среди областей ЦЧР, поскольку в 2000 г. выпустили 38,4% сахара, производимого в регионе, и 15,7% от объемов производства в РФ. Больше в России производит только Краснодарский край.

Позитивное развитие свеклосахарной промышленности продолжилось в XXI в. В 2019 г. РФ достигла полного обеспечения населения страны сахаром собственного производства. В этот год было выработано 7310 тыс. т, что составило 267,2% к уровню 1994 г. и 194,5% к уровню 1990 г.

Значительное падение объемов производства наблюдалось в мясоперерабатывающей промышленности РФ. С 1990 по 2000 г. производство мяса (включая субпродукты I категории) сократилось в России в 5,4 раза и примерно настолько же в ЦЧР – в 5,6 раза. В то же время наблюдаются большие различия по отдельным областям. Так, наибольшие потери понесла мясоперерабатывающая промышленность Тамбовской и Воронежской областей, где объемы производства мяса уменьшились соответственно в 16,0 и 8,7 раза. Меньше сократились объемы производства в Белгородской, Курской и Липецкой областях – соответственно в 4,2 раза, в 4,2 и в 3,7 раза.

Сокращение производства в отечественном сельском хозяйстве мяса, молока, овощей, плодов и фруктов отрицательным образом отразилось на производстве консервов, для которых они используются в качестве сырья. Так, уже в 1996 г. выпуск консервов в млн условных банок в РФ сократился в 3,8 раза относительно 1990 г. В последующие годы объем их производства увеличивался, однако и в 2000 г. консервов в РФ производилось в 2,5 раза меньше, чем в 1990 г.

В 90-е годы для всех предприятий в регионах действовали одни и те же неблагоприятные факторы: недостаток сырья, снижение покупательного спроса населения, усиление конкуренции со стороны зарубежных производителей, но, как показал проведенный анализ, оказали они различное влияние. Так, в Белгородской области производство консервов по сравнению с 1990 г. сократилось в 2,1 раза (1995 г.), в Курской области – в 3,2 раза (1994 г.), в Тамбовской области – в 8,4 раза (1996 г.), в Воронежской области – в 6,1 раза (в 1998 г.).

В Липецкой области в эти годы наладили выпуск фруктовых соков на совместных с иностранными партнерами предприятиях, что позволило в 2000 г. произвести консервированных соков в 4,2 раза больше, чем в 1990 г. При этом Липецкая область стала ведущим производителем фруктовых консервов в регионе. В ЦЧР в 2000 г. объем производства консервов составил 84,9%, в то время как в РФ в целом произвели лишь 39,3% от уровня 1990 г. В 2019 г. в России произвели 6158 млн условных банок консервов, что было в 2,8 раза больше по сравнению с 1996 г. (в этот год отмечено наибольшее снижение показателей производства консервов). Объем производства 2019 г. составил 75% к уровню 1990 г., что свидетельствует о неполном восстановлении отрасли.

Все уже ранее отмеченные негативные факторы развития III сферы АПК привели к середине 90-х годов к существенному сокращению производства кондитерских изделий. Так, в 1996 г. объем их производства в РФ был в 2,3 раза, а в ЦЧР – в 2,6 раза меньше по сравнению с 1990 г. К 2000 г. объем производства кондитерских изделий частично восстановился. Однако он еще был меньше дореформенного уровня и в РФ в 2000 г. составлял 56,7%, а по ЦЧР – 53,5% относительно показателей 1990 г. При этом сокращение объемов производства по сравнению с дореформенными размерами произошло во всех областях региона, хотя и на различную величину.

С середины 90-х годов XX в. объем производства кондитерских изделий в России непрерывно увеличивается и в 2019 г. был в 3,1 раза больше, чем в 1996 г. По сравнению с дореформенным 1990 г. прирост объема производства кондитерских изделий существенно скромнее – всего 37,0%, что говорит об относительном благополучии в развитии отрасли.

В годы экономических и социальных реформ производственные мощности пищевой и перерабатывающей промышленности использовались неэффективно. Это было связано с их неполной загрузкой, которая усугублялась как созданием массы мелких перерабатывающих цехов в сельскохозяйственных предприятиях (как выгодной сферы деятельности), так и небольших частных предприятий при снижающейся загрузке крупных. Так, в пищевой промышленности с 1990 по 2000 г. количество предприятий

увеличилось с 5,6 тыс. до 25,4 тыс., или в 4,5 раза. При этом даже при оживлении производства во второй половине 90-х годов производственные мощности мясокомбинатов и цехов в 2000 г. были загружены лишь на 17,9%, крупяной и масложировой промышленности – соответственно на 24,3 и 24,8%. Не намного больше была загрузка производственных мощностей по переработке цельномолочной продукции – 31,6%, плодов и овощей на консервы – 32,2%. Более чем на  $\frac{3}{4}$  были загружены мощности лишь при переработке сахарной свеклы (76,1%) и производству папирос и сигарет (83,8%). Мощности по производству более половины номенклатуры основных потребительских товаров были загружены от 35 до 55%. К 2021 г. загруженность производственных мощностей пищевой и перерабатывающей промышленности повысилась, особенно в сахарной и молочной промышленности, а в остальных отраслях имеются большие неиспользуемые резервы.

Расширение посевных площадей за счет ввода ранее заброшенных земель на 42–47%, повышение интенсивности ведения растениеводства и необходимость выполнения работ в оптимальные агротехнические сроки в 1,6–1,8 раза увеличат потребность в тракторах, комбайнах и других сельскохозяйственных машинах. Значительная ее часть, как и сейчас, будет удовлетворяться за счет импорта зарубежной техники. Но более дешевые отечественные машины при улучшении их эксплуатационных качеств, повышении надежности и экономичности будут повышать конкурентоспособность и вытеснять импортные поставки техники. С учетом этого объемы производства отечественных тракторов и целого ряда машин для обработки и уборки полей в ближайшие 10–15 лет могут возрасти в 2–2,5 раза, что не только увеличит их использование внутри страны, но и несколько расширит экспорт в другие страны.

Производство минеральных удобрений в перспективе также будет увеличиваться, но в меньшей степени – в 1,5–1,7 раза, при этом существенно (в 2–2,5 раза) должно вырасти количество удобрений, используемых в отечественном растениеводстве.

Рост объемов производства растениеводческой и животноводческой продукции в 1,5–2,5 раза расширит сырьевую базу III сферы и приведет к увеличению выпуска продукции пищевой и перерабатывающей промышленности. При этом позитивные изменения будут существенно отличаться по отраслям и видам продукции. Например, на 15–30% увеличится производство сахара-песка, масла растительного, мясных полуфабрикатов, сыров. Значительно больше – в 2–3 раза вырастет выпуск масла животного, цельномолочной продукции, рыбы и морепродуктов.

Наращивание производственных мощностей III сферы АПК должно идти как за счет создания новых заводов, так и модернизации существующих. При этом должно предусматриваться техническое и технологическое обновление производства, увеличение глубины переработки, расширение ассортимента и улучшение качества продукции. Техническое переоснащение предприятий III сферы увеличит портфель заказов и станет фактором развития такого сегмента I сферы, как машиностроение для нужд пищевой и перерабатывающей промышленности.

В заключение можно сделать вывод, что при переходе к рыночному регулированию экономики в 90-е годы XX в. I и III сферы АПК РФ использовали свое положение местных монополистов. Заводы тракторного и сельскохозяйственного машиностроения для компенсации финансовых потерь от инфляции и сокращения объемов реализации своей продукции начали завышать на нее цены, а предприятия пищевой и перерабатывающей промышленности – занижать цены на сырье, поступающее из сельского хозяйства. Данные ценовые ножницы привели к убыточному производству более 80% сельскохозяйственных организаций страны. Это, в свою очередь, привело к многократному снижению объемов производства отраслей I и III сфер АПК, поскольку сельскохозяй-

ственные предприятия во много раз уменьшили закупки силовых и рабочих машин, минеральных удобрений, комбикормов и производство растениеводческой и животноводческой продукции, основного сырья для пищевой и перерабатывающей промышленности.

Выход из кризиса АПК России занял все первые 20 лет XXI в. И если по основным видам продукции пищевой промышленности достигнуто полное восстановление дореформенных объемов производства, то по мукомольной, крупяной промышленности, производству масла животного, цельномолочной продукции, улову рыбы, тракторному и сельскохозяйственному машиностроению не восстановлена и половина объемов производства 1990 г.

Прогнозируемое и намечаемое развитие сельского хозяйства России предусматривает полное восстановление тракторного и сельскохозяйственного машиностроения, модернизацию пищевой и перерабатывающей промышленности, что улучшит обеспеченность населения продовольствием и станет одним из драйверов интенсивного развития аграрной сферы страны.

---

**Список источников**

1. Алтухов А.И. Проблемы социально-экономического развития отечественного АПК требуют активного решения // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2021. № 6. С. 2–12.
2. Белоусова М.Н., Белоусов В.А., Романченко Т.П. Нейросетевой подход к оценке кризисного состояния мясоперерабатывающих предприятий // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2017. № 2 (53). С. 211–216. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2017.2.211.
3. Волкова Е.А., Смолянинова Н.О., Синеговский М.О., Малашонок А.А. Анализ состояния машинно-тракторного парка Российской Федерации // АПК: экономика, управление. 2021. № 8. С. 52–60.
4. Гончаров В.Д. Особенности прогнозирования развития перерабатывающей промышленности АПК // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2021. № 9. С. 9–13. DOI: 10.31442/0235-2494-2021-0-9-9-13.
5. Минаков И.А. Материально-техническое обеспечение аграрного производства: состояние и перспективы // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2021. № 10. С. 28–32. DOI: 10.31442/0235-2494-2021-0-10-28-32.
6. Полунин Г.А. Перспективы увеличения объемов производства сельскохозяйственной продукции на экспорт за счет расширения и интенсификации земельных ресурсов России // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2021. № 10. С. 40–47. DOI: 10.31442/0235-2494-2021-0-10-40-47.
7. Российский статистический ежегодник. 2019. Стат. сб. Москва: Росстат, 2019. 708 с.
8. Россия в цифрах. 2020: Крат. стат. сб. Москва: Росстат, 2020. 550 с.
9. Самарина В.П. Обзор методов государственной поддержки агропромышленного комплекса и перспективы сельскохозяйственного производства в условиях нового кризиса // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14, № 2(69). С. 81–102. DOI: 10.17238/issn2071-2243\_2021\_2\_81.
10. Сотникова Л.Н., Полозова А.Н., Беляева Г.В., Саввина Е.А., Нейштадт М.Л. Позиционирование бюджетирования как элемента налогового планирования в перерабатывающих организациях агропромышленного комплекса // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т. 12, № 4(63). С. 174–185. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2019.4.174.
11. Четвертаков И.М., Четвертакова В.П., Воробьева А.М. Состояние, тенденции и перспективы развития растениеводства России // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2021. № 1(64). С. 162–166.
12. Четвертаков И.М., Четвертакова В.П., Воробьева А.М. Тенденции и перспективы развития животноводства в областях Центрального Черноземья // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14, № 2(69). С. 103–112. DOI: 10.17238/issn2071-2243\_2021\_2\_103.



## References

1. Altukhov A.I. Problemy sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya otechestvennogo APK trebuyut aktivnogo resheniya [Problems of socio-economic development of the domestic Agro-Industrial Complex require an active solution]. *Ekonomika sel'skokhozyajstvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatij = Economy of Agricultural and Processing Enterprises*. 2021;6:2-12. (In Russ.).
2. Belousova M.N., Belousov V.A., Romanchenko T.P. Nejrosetevoj podkhod k otsenke krizisnogo sostoyaniya myasopererabatyvayushchikh predpriyatij [Neural network approach to the assessment of the crisis state of meat processing enterprises]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2017;2(53):211-216. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2017.2.211. (In Russ.).
3. Volkova E.A., Smolyaninova N.O., Sinegovsky M.O., Malashonok A.A. Analiz sostoyaniya mashinno-traktornogo parka Rossijskoj Federatsii [Analysis of the state of the machine and tractor fleet of the Russian Federation]. *APK: ekonomika, upravlenie = AIC: economics, management*. 2021;8:52-60. (In Russ.).
4. Goncharov V.D. Osobennosti prognozirovaniya razvitiya pererabatyvayushchej promyshlennosti APK [Features of forecasting the development of the processing industry of the Agro-Industrial Complex]. *Ekonomika sel'skokhozyajstvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatij = Economy of Agricultural and Processing Enterprises*. 2021;9:9-13. DOI: 10.31442/0235-2494-2021-0-9-9-13. (In Russ.).
5. Minakov I.A. Material'no-tehnicheskoe obespechenie agrarnogo proizvodstva: sostoyanie i perspektiva [Material and technical support of agricultural production: state and prospects]. *Ekonomika sel'skokhozyajstvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatij = Economy of Agricultural and Processing Enterprises*. 2021;10:28-32. DOI: 10.31442/0235-2494-2021-0-10-28-32. (In Russ.).
6. Polunin G.A. Perspektivy uvelicheniya objemov proizvodstva sel'skokhozyajstvennoj produktsii na eksport za schet rasshireniya i intensivifikatsii zemelnykh pesursov Rossii [Prospects for increasing the volume of agricultural production for export due to the expansion and intensification of the use of land Russian resources]. *Ekonomika sel'skokhozyajstvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatij = Economy of Agricultural and Processing Enterprises*. 2021;10:40-47. (In Russ.).
7. Rossijskij ezhegodnik. 2019. Statisticheskij sbornik [Russian Statistical Yearbook. Statistical Digest]. Moscow: Rosstat Press, 2019. 708 p. (In Russ.).
8. Rossiya v tsifrakh. 2020. Kratkij statisticheskij sbornik [Russia in Numbers. Statistical Digest]. Moscow: Rosstat Press, 2020. 550 p. (In Russ.).
9. Samarina V.P. Obzor metodov gosudarstvennoj podderzhki agropromyshlennogo kompleksa i perspektivy sel'skokhozyajstvennogo proizvodstva v usloviyakh novogo krizisa [Comprehensive overview of methods of state support of the Agro-Industrial Complex and growth prospects of agricultural production in the conditions of a new crisis]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2021;14(2):81-102. DOI: 10.17238/issn2071-2243\_2021\_2\_81. (In Russ.).
10. Sotnikova L.N., Polozova A.N., Belyaeva G.V., Savvina E.A., Neishtadt M.L. Pozitsionirovanie byudzhetirovaniya kak elementa nalogovogo planirovaniya v pererabatyvayushchikh organizatsiyakh agropromyshlennogo kompleksa [Budgeting as an element of tax planning in processing organizations of the Agro-Industrial Complex]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2019;12(4):174-185. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2019.4.174. (In Russ.).
11. Chetvertakov I.M., Chetvertakova V.P., Vorobieva A.M. Sostoyanie, tendentsii i perspektivy razvitiya rasteniyevodstva Rossii [Status, trends and prospects for the development of crop production in Russia]. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2021;1(64):162-166. (In Russ.).
12. Chetvertakov I.M., Chetvertakova V.P., Vorobieva A.M. Tendentsii i perspektivy razvitiya zhivotnovodstva v oblasti Tsentralnogo Chernozemya [Trends and prospects in the development of animal husbandry in the Central Chernozem Region]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2021;14(2):103-112. DOI: 10.17238/issn2071-2243\_2021\_2\_103. (In Russ.).

## Информация об авторах

И.М. Четвертаков – доктор экономических наук, профессор кафедры экономики АПК ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», 926559@list.ru.

В.П. Четвертакова – доктор экономических наук, профессор кафедры региональной экономики и менеджмента МОАУ ВО «Воронежский институт экономики и социального управления», 4668899@list.ru.

А.М. Воробьева – аспирант кафедры региональной экономики и менеджмента МОАУ ВО «Воронежский институт экономики и социального управления», sasha.vorobeva0@yandex.ru.

## Information about the authors

I.M. Chetvertakov, Doctor of Economic Sciences, Professor, the Dept. of Economics of the Agro-Industrial Complex, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, 926559@list.ru.

V.P. Chetvertakova, Doctor of Economic Sciences, Professor, the Dept. of Regional Economics and Management, Voronezh Institute of Economics and Social Management, 4668899@list.ru.

A.M. Vorobieva, Postgraduate Student, the Dept. of Regional Economics and Management, Voronezh Institute of Economics and Social Management, sasha.vorobeva0@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 10.03.2022; одобрена после рецензирования 22.04.2022; принята к публикации 17.05.2022.

The article was submitted 10.03.2022; approved after revision 22.04.2022; accepted for publication 17.05.2022.

© Четвертаков И.М., Четвертакова В.П., Воробьева А.М., 2022

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НАРОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ  
(ПО ОТРАСЛЯМ И СФЕРАМ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ)  
(ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 332.12:338.4

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2022\_2\_137

**Функции и состав системы информационного  
обеспечения сельскохозяйственных производителей**

**Дмитрий Валерьевич Хмелев<sup>1</sup>, Андрей Валерьевич Улезько<sup>2✉</sup>, Татьяна Васильевна Савченко<sup>3</sup>**

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

<sup>3</sup>Научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного комплекса

Центрально-Черноземного района – филиал Федерального государственного бюджетного научного

учреждения «Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева», Воронеж, Россия

<sup>✉</sup>arle187@rambler.ru, iomas@agroeco.vsau.ru

**Аннотация.** Показано, что эффективное управление развитием агроэкономических систем возможно лишь при наличии рационально организованной системы информационного обеспечения, адекватной уровню задач, стоящих перед системами управления как на уровне отдельных хозяйствующих субъектов аграрной сферы, так и на уровне сельского хозяйства как отрасли народного хозяйства. В широком смысле система информационного обеспечения представляется как совокупность информационных ресурсов и информационных сервисов, реализующих функции удовлетворения информационных потребностей пользователей, осуществляющих деятельность в рамках общего информационного пространства. Для раскрытия сущности системы информационного обеспечения управления сельским хозяйством и обоснования ее состава предлагается использовать функциональный подход, в основе которого лежит обоснование совокупности функций, реализуемых системой информационного обеспечения, и функциональных подсистем, специализирующихся на их реализации. Излагаются положения, определяющие порядок описания функций системы информационного обеспечения управления на уровне хозяйствующих субъектов, раскрывается совокупность этих функций и функциональных подсистем, дается схема, отражающая состав системы информационного обеспечения. Формулируются основные задачи формирования системы информационного обеспечения управления на уровне сельскохозяйственных производителей. Делается вывод о том, что общность функционала системы информационного обеспечения управления на уровне сельскохозяйственных производителей при значительных различиях в их финансовом положении, уровне технического, технологического и информационного развития и качестве IT-подготовки персонала объективно обуславливает различные стратегии формирования системы информационного обеспечения управления и требует разработки специальных программ, обеспечивающих переход хозяйствующих субъектов аграрного сектора на модель цифрового развития.

**Ключевые слова:** информационное обеспечение, сельское хозяйство, функциональный подход, функции, функциональные подсистемы

**Для цитирования:** Хмелев Д.В., Улезько А.В., Савченко Т.В. Функции системы информационного обеспечения сельскохозяйственных производителей и ее состав // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 2(73). С. 137–150. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_2\\_137](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_137)–150.

ECONOMICS AND MANAGEMENT OF THE NATIONAL ECONOMY  
(BY BRANCHES AND FIELDS OF ACTIVITY)  
(ECONOMIC SCIENCES)

Original article

**Functions and composition of the information  
support system of agricultural producers**

**Dmitry V. Khmelev<sup>1</sup>, Andrey V. Ulez'ko<sup>2✉</sup>, Tatiana V. Savchenko<sup>3</sup>**

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

<sup>3</sup>Research Institute of Economics and Organization of Agro-Industrial Complex of Central Black Earth

Region – Branch of Federal Government Budgetary Scientific Institution “Voronezh Federal Agricultural

Scientific Centre named after V.V. Dokuchaev”, Voronezh, Russia

<sup>✉</sup>arle187@rambler.ru

**Abstract.** The authors testify that effective management of the development of agro-economic systems is possible only if there is a rationally organized information support system that is adequate to the level of tasks facing management systems both at the level of individual economic entities of the agrarian sector and at the level of agriculture as a branch of the national economy. In a broad sense, the information support system is represented as a set of information resources and information services that implement the functions of meeting the information needs of users operating within the framework of a common information space. To reveal the essence of the agricultural management information support system and substantiate its composition, it is proposed to use a functional approach, which is based on the justification of the set of functions implemented by the information support system and functional subsystems specializing in their realization. The provisions that determine the procedure for describing the functions of the management information support system at the level of economic entities are outlined, the totality of these functions and functional subsystems is disclosed, and a diagram is given that reflects the composition of the information support system. The main tasks of forming a management information system at the level of agricultural producers are formulated. It is concluded that the community of the functionality of the management information support system at the level of agricultural producers, with significant differences in their financial situation, the level of technical, technological and informational development and the quality of IT training of personnel, objectively determines various strategies for the formation of the management information support system and requires the development of special programs that ensure the transition of economic entities of the agricultural sector to a digital development model.

**Keywords:** information support, agriculture, functional approach, functions, functional subsystems

**For citation:** Khmelev D.V., Ulez'ko A.V., Savchenko T.V. Functions and composition of the information support system of agricultural producers. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022; 15(2):137-150. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_2\\_137-150](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_137-150).

**Р**азвитие агроэкономических систем традиционно рассматривается в контексте их воспроизводства в условиях довольно высокого уровня турбулентности среды функционирования, характеризующейся разнонаправленным воздействием большого числа разнородных факторов, нестабильностью общеэкономической ситуации, значительной степенью зависимости от возможностей осуществления экспортно-импортных операций и др. Высокий уровень изменчивости среды функционирования объективно обуславливает нарастание проблем, связанных с обеспечением объективной оценки состояния как самой агроэкономической системы, так и среды ее функционирования, выявлением тенденций и закономерностей развития, повышением достоверности прогнозных расчетов, релевантности информации, используемой для принятия управленческих решений. Рост объема данных, формирующих информационный базис управления, и интенсивность их поступления предъявляют повышенные требования к технологиям сбора, передачи, обработки, хранения и предоставления информации всем пользователям, исходя из их неуклонно растущих потребностей, обусловленных естественным усложнением технологических и организационно-экономических процессов и развитием средств и методов мониторинга процессов функционирования хозяйствующих субъектов аграрного сектора и изменений внешней среды. В этих условиях обеспечить эффективное управление развитием агроэкономических систем можно лишь при наличии рационально организованной системы информационного обеспечения, адекватной уровню задач, стоящих перед системами управления как на уровне отдельных сельскохозяйственных производителей, так и на уровне сельского хозяйства как отрасли народного хозяйства.

Введение в научный оборот термина «информационное обеспечение» произошло сравнительно недавно, что объективно обусловило множественность подходов к раскрытию его сущности. Одни исследователи [12, 18, 19] определяют систему информационного обеспечения управления как совокупность методов и инструментов, реализующих функции рационализации информационных потоков и оптимизации информационного фонда, содержащего информационные ресурсы, необходимые для функционирования эффективной системы управления акторами всех уровней, вторые [11] – как определенным образом организованный набор специализированных информационных сервисов реализации информационных процедур в рамках удовлетворения информаци-

онных потребностей различных пользователей, третьи [1] трактуют систему информационного обеспечения как специализированный набор средств организации труда управленческих работников, как регламентированную последовательность процессов, связанных с действиями работников в рамках сложных информационных процессов, обеспечивающих реализацию функций организационно-экономического механизма, четвертые [2] отождествляют систему информационного обеспечения с системой информационно-консультационного обслуживания, что приводит не только к терминологической путанице, но и затрудняет использование единого методического подхода к обоснованию функций системы информационного обеспечения и ее состава. Позицию, близкую к этой, занимают пятые [7], акцентирующие внимание на консалтинговой составляющей системы информационного обеспечения управления на региональном уровне, но при этом выделяющие в системе информационного обеспечения управления следующие структурно-функциональные компоненты: внутренней информации (сведения о состоянии и развитии управляемой подсистемы в разрезе формирующих ее структурных элементов), внешней информации (данные, полученные в результате мониторинга изменений внешней среды, и результаты их обработки), специальной информации (сведения, отражающие специфическую информацию, характерную для отдельных отраслей, технологических процессов, продуктовых цепочек и т.п.), анализа информации (методики обработки экономической информации и ее подготовки для использования при принятии управленческих решений). Шестые [3] определяют систему информационного обеспечения, рассматривая систему управления как информационно-логическую модель, акцентируя внимание на выделении информационных потоков, характеризующих состояние внешней среды, прогнозируемых параметров альтернативных сценариев развития и данных о реализации сценария, выбранного в качестве приоритетного. При этом они отождествляют понятие системы информационного обеспечения с понятием информационной системы организации. Аналогичные замечания можно высказать относительно представителей седьмого подхода [9], рассматривающих информационную систему управления регионального АПК как коммуникацию сельскохозяйственных производителей, переработчиков сельскохозяйственной продукции, объектов инфраструктуры, органов власти и конечных потребителей продовольственных ресурсов посредством информационной инфраструктуры и определяющих ключевую задачу формирования информационной системы через решение проблемы организации специализированных информационных, методических и ресурсных баз, через регламентацию и координацию информационно-коммуникационных потоков, систематизацию алгоритмов и моделей решения управленческих задач. В рамках восьмого подхода система информационного обеспечения управления АПК трактуется как совокупность различного рода информации, используемой для принятия управленческих решений. Например, С.А. Мирзоева [14], идентифицируя информационную систему в широком смысле этого слова как совокупность всей информации, хранящейся в различных базах данных, а также информационных технологий и средств, обеспечивающих возможности ее обработки, предлагает включать в состав информационного обеспечения управления АПК информацию о рынке средств производства, рынке труда, рынке сельскохозяйственной продукции, финансовом рынке, технологических, технических и финансовых возможностях хозяйствующего субъекта, технологиях производства продукции растениеводства и животноводства, результатах деятельности хозяйствующего субъекта и др.

Такое многообразие подходов связано с тем, что каждый исследователь или последователи того или иного подхода, пытались акцентировать внимание на тех аспектах

системы информационного обеспечения, которые наиболее полно соответствовали конкретному контексту их исследований, позволяя выделить элементы, подтверждающие и усиливающие их научные позиции.

В широком смысле система информационного обеспечения представляется как совокупность информационных ресурсов и информационных сервисов, реализующих функции удовлетворения информационных потребностей пользователей, осуществляющих деятельность в рамках общего информационного пространства.

Необходимо отметить, что подход к раскрытию сущности системы информационного обеспечения зависит и от того, для какого уровня системы управления она формируется, поскольку содержание функций управления существенным образом изменяется в зависимости от целей управления, масштабов управляемой подсистемы и ее сложности, доминирующих методов и средств воздействия субъекта управления на объект и др. Также очевидно, что содержание функций государственного управления во многом будет отличаться от содержания функций управления на уровне хозяйствующих субъектов, а содержание функций управления на уровне крупных интегрированных агропромышленных формирований – от содержания этих функций на уровне субъектов малого и среднего агробизнеса.

Формирование системы информационного обеспечения управления на протяжении уже длительного времени относится к одной из основных функций информатизации, представляющей собой «организационный социально-экономический и научно-технический процесс создания оптимальных условий для удовлетворения информационных потребностей ... на основе формирования и использования информационных ресурсов» [15]. При этом ключевым инструментом работы с информационными ресурсами являются информационные системы, позволяющие реализовывать весь комплекс информационных процедур, что зачастую и обуславливает отождествление системы информационного обеспечения с комплексом информационных систем.

В качестве примера организации системы информационного обеспечения государственного управления сельским хозяйством можно привести подход, используемый Министерством сельского хозяйства РФ, в рамках которого была сформирована совокупность информационных систем, позволяющих решать отдельные задачи управления аграрным производством страны. Перечень информационных систем, размещенный на официальном сайте МСХ РФ, приведен на рисунке 1.

Необходимо отметить, что попытки решения задачи формирования эффективной системы информационного обеспечения управления предпринимались на протяжении многих лет. Так, еще в конце 10-х годов Минсвязи РФ была предложена концепция создания государственной автоматизированной информационной системы обеспечения продовольственной безопасности. В настоящее время данная ГАИС реализована в форме Системы мониторинга и прогнозирования продовольственной безопасности Российской Федерации на платформе 1С: Предприятие и входит в перечень информационных систем МСХ РФ.

Следует отметить, что разработка и совершенствование информационных систем, включенных в перечень МСХ РФ и формирующих основу системы информационного обеспечения государственного управления сельским хозяйством, осуществляются в рамках Ведомственной программы цифровой трансформации Министерства сельского хозяйства Российской Федерации на 2021–2023 годы [6]. В качестве одной из основных задач данной программы была заявлена задача сбора и верификации отраслевых данных, формирование единой базы данных, интегрированной с федеральными органами исполнительной власти и системами МСХ РФ, автоматизированное прогнозирование и моделирование в АПК.

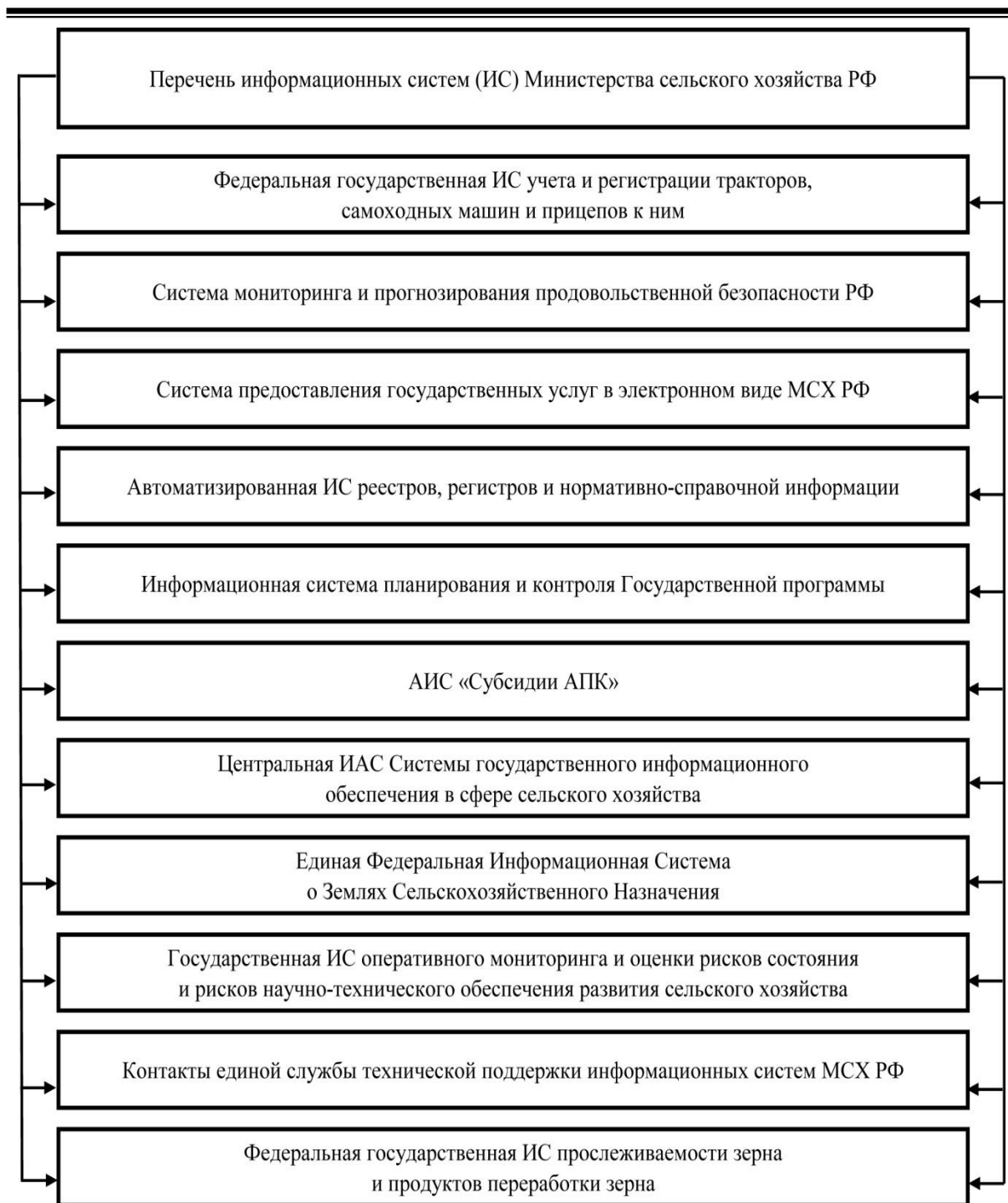


Рис. 1. Перечень информационных систем Министерства сельского хозяйства РФ [16]

На наш взгляд, для раскрытия сущности системы информационного обеспечения управления сельским хозяйством и обоснования ее состава необходимо использовать функциональный подход, в основе которого лежит обоснование совокупности функций, реализуемых системой информационного обеспечения и функциональных подсистем, специализирующихся на их реализации. При этом следует различать уровни систем информационного обеспечения в соответствии с уровнями иерархии систем управления аграрным производством: национальный уровень, уровень регионов, уровень хозяйствующих субъектов (с учетом уровня концентрации и масштабов производства).

Традиционно на национальном и региональном уровнях управление сельским хозяйством относится к компетенции государственного управления, поэтому к базовым функциям информационного обеспечения управления на данных уровнях предлагается относить:

- организацию и проведение сбора, систематизации, обработки, хранения и передачи данных, характеризующих процессы функционирования субъектов аграрного сектора на уровне муниципальных районов, регионов и страны в целом;
- формирование и ведение баз данных, хранящих информационные ресурсы, отражающие состояние и процессы функционирования агропродовольственных систем различного уровня и их отдельных элементов;
- мониторинг среды функционирования сельскохозяйственных производителей и поддержание в актуальном состоянии данных, характеризующих ее изменения;
- формирование совокупности типовых моделей и алгоритмов, обеспечивающих решение стандартных задач стратегического, тактического и оперативного управления сельским хозяйством на всех уровнях – государственном, региональном и муниципальном;
- информатизацию процессов управления и создание оптимальных условий удовлетворения информационных потребностей субъектов, реализующих функции управления аграрным производством на всех уровнях, и субъектов аграрного сектора;
- формирование единого информационного пространства и обеспечение санкционированного доступа субъектов управления сельским хозяйством различных уровней к информационным ресурсам, сформированным в рамках системы информационного обеспечения;
- наполнение и актуализацию базы данных, содержащих нормативно-правовую информацию, регламентирующую деятельность сельскохозяйственных производителей и органом управления аграрным производством, и организацию регламентированного доступа к этим ресурсам;
- формирование цифровой экосистемы сельского хозяйства, обеспечивающей эффективное взаимодействие субъектов аграрного сектора, субъектов пищевой и перерабатывающей промышленности, субъектов, производящих ресурсы для сельского хозяйства, субъектов, реализующих функции инфраструктурного обеспечения агропродовольственного комплекса и органов государственного управления;
- создание условий массового внедрения цифровых технологий и цифровых платформ, подготовка сельскохозяйственных производителей к инициации процессов цифровой трансформации и модернизации технико-технологической базы;
- создание среды, обеспечивающей открытость и прозрачность процессов государственного управления, повышение оперативности системы организации прямой и обратной связи хозяйствующих субъектов и органов государственного управления, широкое использование систем электронного документооборота;
- развитие системы оказания информационно-консультационных услуг и услуг по подбору, изучению и внедрению новых информационных технологий в рамках цифровизации сельскохозяйственного производства и процессов управления и др.

Заслуживает внимания подход к обоснованию состава и структуры информационного обеспечения управления региональными агропродовольственными комплексами, предложенный М.И. Сухомлиновой [17]. В рамках данного подхода система информационного обеспечения представляется в виде блоков, реализующих такие функции, как мониторинг АПК региона, подготовка и поддержка принятия управленческих решений, контроль за их реализацией, предоставление информационных услуг и государственных услуг в электронном виде, организация электронной торговли. Взаимосвязь данных блоков обеспечивает комплексность и системность предлагаемого подхо-

да и представляет собой платформенную модель организации системы информационного обеспечения управления сельским хозяйством на уровне региона. Довольно высокий уровень детализации функций информационного обеспечения, позволяет осуществить подбор эффективных методов и средств их реализации или, при необходимости, четко сформулировать техническое задание на автоматизацию конкретной предметной области.

Очевидно, что система информационного обеспечения государственного управления сельским хозяйством должна быть открытой, а ее функционал должен постоянно корректироваться исходя из изменения целей управления и решаемых управленческих задач, расширения возможностей технологий сбора и обработки информации, развития информационной инфраструктуры, повышения глубины цифровизации производственных процессов и процессов управления.

Существенные различия в содержании функций государственного управления сельским хозяйством и управления на уровне сельскохозяйственных производителей обусловлены различиями управленческих задач, решаемых субъектами управления, что, в свою очередь, обуславливает особенности состава и структуры системы информационного обеспечения управления, формируемой хозяйствующими субъектами аграрной сферы. При этом единого подхода к обоснованию состава системы информационного обеспечения управления на уровне сельскохозяйственных производителей пока также не выработано.

Например, в рамках подхода, предложенного С.Г. Иткуловым и Ю.А. Новоселовым [8], ядром системы информационного обеспечения управления на уровне хозяйствующих субъектов аграрного сектора является адаптивная детерминированная информационная управленческая система, специализирующаяся на реализации двух функций: 1) мониторинга функционирования объекта управления и диагностики его состояния; 2) оценки потенциальных траекторий развития объекта управления.

Несколько иной подход к определению структуры системы информационного обеспечения на уровне хозяйствующих субъектов предлагает А.М. Бочкарев [5]. По его мнению, в качестве структурных элементов, формирующих каркас системы информационного обеспечения, необходимо выделять:

- управляющую подсистему (включает в себя субъекты управления, организационную структуру и стратегию информационного обеспечения);
- управляемую подсистему (объекты управления, объединяющие компьютеры и компьютерные сети, программные комплексы и приложения, базы данных и механизмы обмена информацией);
- целевую подсистему (отражает совокупность целей системы информационного обеспечения);
- обеспечивающую подсистему (методическое, правовое и ресурсное обеспечение);
- функциональную подсистему (интегрирует методы и средства реализации информационных процедур);
- подсистему научного обоснования.

При этом А.М. Бочкарев справедливо отмечает общность структуры системы информационного обеспечения независимо от предметной области, будь то информационное обеспечение управления или информационное обеспечение какого-либо вида деятельности (производственной, маркетинговой, финансовой, снабженческо-сбытовой, инновационной, исследовательской и т.п.). Следует отметить, что к данной трактовке структуры системы информационного обеспечения А.М. Бочкарев пришел в процессе переосмысления собственной позиции, поскольку до этого в качестве структурных элементов системы информационного обеспечения он предлагал выделять техническую (средства реализации информационных процедур), системно-логическую (источники информации и места ее хранения, интерфейсы), прикладную (программные комплексы и



информационные системы) и организационно-методическую (документы, регламентирующие формирование и функционирование системы информационного обеспечения) подсистемы [4]. В рамках предлагаемой А.М. Бочкаревым концепции система информационного обеспечения является инструментом формирования общего информационного пространства предприятия, представляющего собой совокупность источников информации, информационных потоков и информационных ресурсов, и организации регламентированного доступа к информации пользователей различных категорий.

В целом принимая методологию данного подхода, хотелось бы отметить определенное упрощение функционала системы информационного обеспечения и сведение круга функций к набору стандартных информационных процедур (сбор, передача, хранение, обработка, предоставление информации и т.п.).

По мнению ряда исследователей [10], совокупность функций, реализуемых системой информационного обеспечения управления, следует рассматривать в разрезе двух групп: основных и поддерживающих функций. К основным функциям они предлагают относить: организацию информационных массивов и информационных потоков, процессов сбора, передачи, обработки и хранения информации, работы с информационной базой знаний и доступа к ней, к поддерживающим – обеспечение работников документами, регламентирующими их деятельность, справочной информацией и информацией, полученной в результате ее интеллектуальной обработки. При этом система информационного обеспечения должна обладать такими свойствами, как системность, целостность, структурированность, устойчивость, синергизм, адаптивность, гибкость, иерархичность и др.

Несколько под иным углом зрения совокупность функций системы информационного обеспечения управления предлагают рассматривать Н.С. Курносова и А.П. Курносов [13]. В рамках их подхода система информационного обеспечения управления на уровне хозяйствующих субъектов обладает более широким функционалом, чем в контексте подходов, рассмотренных выше. Если предыдущие подходы во многом ограничивали функции системы информационного обеспечения функциями, реализуемыми информационными системами, то Н.С. Курносова и А.П. Курносов рассматривают систему информационного обеспечения не только как совокупность информационных ресурсов и средств их формирования и обработки, но и как своего рода механизм, ориентированный на решение задач комплексной информатизации деятельности хозяйствующего субъекта.

На наш взгляд, при описании функций системы информационного обеспечения управления сельскохозяйственным производством на уровне хозяйствующих субъектов следует исходить из следующих положений:

- основная цель системы информационного обеспечения заключается в полном удовлетворении информационных потребностей пользователей, деятельность которых осуществляется в информационном пространстве конкретного хозяйствующего субъекта;

- информационные потребности пользователей определяются функциями, осуществляемыми ими в рамках профессиональной деятельности, и управленческими задачами, входящими в круг их компетенций;

- функции системы информационного обеспечения определяются общесистемными задачами информатизации хозяйствующего субъекта и информационными задачами, решаемыми его персоналом;

- источниками информации, преобразуемой в информационные ресурсы, являются внешняя и внутренняя среды хозяйствующего субъекта, а каналы обмена информацией отражают формы организации вертикальных и горизонтальных информационных потоков;

- основными инструментами реализации системы информационного обеспечения управления являются универсальные и специализированные информационные системы, а также информационная инфраструктура и средства реализации информационно-коммуникационных технологий;

- информационное обеспечение управления рассматривается как неотъемлемый элемент организационно-экономического механизма хозяйствующего субъекта наряду с ресурсным, нормативно-правовым, инфраструктурным и другими видами обеспечения.

Исходя из цели системы информационного обеспечения управления на уровне сельскохозяйственных производителей, совокупности общесистемных задач информатизации хозяйствующих субъектов аграрного сектора и информационных задач, решаемых их персоналом, предлагается выделять следующие функции системы информационного обеспечения:

- поддержание целостности информационного пространства субъекта;
- интеграция в информационные пространства более высокого уровня;
- организация межсубъектных информационных взаимодействий;
- мониторинг среды функционирования;
- формирование и актуализация информационных ресурсов;
- регламентация доступа к информационным ресурсам и работы с ними;
- формирование базы алгоритмов решения задач управления;
- формирование базы моделей планирования и прогнозирования;
- аналитическая обработка информации;
- систематизация информации, необходимой для принятия управленческих решений;
- поддержка принятия управленческих решений;
- контроль за исполнением управленческих решений;
- создание условий развития информационных компетенций пользователей;
- обеспечение информационной безопасности субъекта;
- обеспечение информационной безопасности пользователей и др.

В рамках предлагаемого нами функционального подхода в качестве базовых структурных элементов системы информационного обеспечения выделяются функциональные подсистемы, ориентированные на реализацию близких по содержанию функций (рис. 2).

К числу основных функциональных подсистем предлагается относить:

- подсистему организации вертикальных и горизонтальных информационных взаимодействий;
- подсистему формирования информационных ресурсов и регламентации доступа к ним;
- подсистему обработки информации и ее подготовки к использованию;
- подсистему поддержки принятия управленческих решений и контроля за их исполнением;
- подсистему развития информационных компетенций и обеспечения информационной безопасности.

Существенная дифференциация хозяйствующих субъектов агропродовольственного комплекса по уровню концентрации и масштабам производства, сложности организационной структуры и архитектуры предприятия, качеству информационной инфраструктуры, уровню информатизации и интегрированности в информационные пространства систем более высокого уровня объективно обуславливают различия в используемых средствах реализации системы информационного обеспечения управления сельскохозяйственных производителей, но при этом функционал системы остается общим для всех типов и категорий хозяйствующих субъектов аграрной сферы.

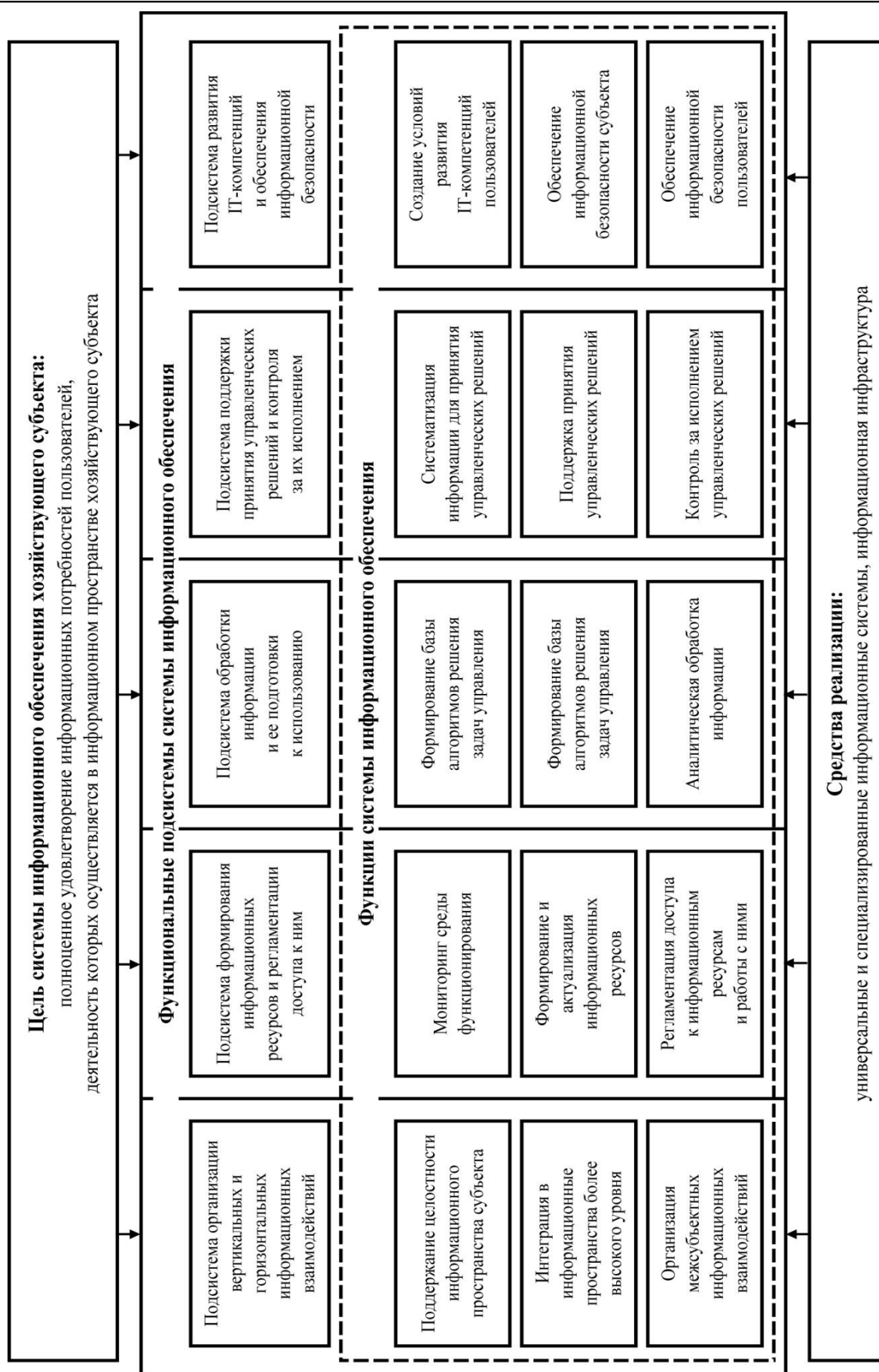


Рис. 2. Состав системы информационного обеспечения управления хозяйствующих субъектов

В контексте функционального подхода основные задачи формирования системы информационного обеспечения управления на уровне сельскохозяйственных производителей могут быть сформулированы следующим образом:

- выявление информационных потребностей пользователей, осуществляющих деятельность в рамках локализованного информационного пространства;
- выявление информационных потребностей субъектов, взаимодействующих с конкретным сельскохозяйственным производителем;
- уточнение функций, реализуемых системой информационного обеспечения управления;
- формулирование задач в рамках конкретных функций системы информационного обеспечения управления;
- распределение и закрепление функций информационного обеспечения между структурными подразделениями и отдельными работниками;
- регламентация информационных процедур (сбора, систематизации, хранения, обработки, передачи, предоставления информации и обмен ею);
- регламентация системы внутри- и межсистемных информационных взаимодействий;
- регламентация доступа к информационным ресурсам и инструментам работы с ними;
- обоснование критериев и показателей, отражающих эффективность реализации отдельных функций;
- обеспечение уровня развития информационной инфраструктуры, соответствующего уровню информационных потребностей пользователей;
- подбор информационных систем, позволяющих эффективно решать задачи, связанные с удовлетворением информационных потребностей пользователей и др.

Очевидно, что общность функционала системы информационного обеспечения управления на уровне сельскохозяйственных производителей при значительных различиях в их финансовом положении, уровне технико-технологического и информационного развития и качестве IT-подготовки персонала объективно обуславливают различные стратегии формирования системы информационного обеспечения управления. Если крупные структуры агробизнеса делают ставку на внедрение платформенных решений, позволяющих обеспечить комплексную информатизацию процессов управления, то субъекты среднего и малого агробизнеса реализуют стратегию фрагментарной информатизации, пытаясь автоматизировать реализацию отдельных функций информационного обеспечения или даже отдельных функциональных задач.

Существующее неравенство в уровне информатизации процессов управления аграрным производством в значительной степени ограничивает потенциал развития сельского хозяйства и возможности инициации процессов цифровой трансформации отрасли и требует разработки специальных программ, обеспечивающих переход сельскохозяйственных производителей на модель цифрового развития, предполагающую массовую цифровизацию как производственно-технологических процессов, так и процессов управления ими.

---

**Список источников**

1. Антонов И.Э. Информационное обеспечение органов государственной власти Приморского края (общие принципы создания информационных систем органов управления) [Электронный ресурс]. URL: <http://antonov.fesaem.ru/lvan/Articles/InfoSyst.htm> (дата обращения: 20.01.2022).
2. Белоусов В.М. Формирование системы информационного обеспечения управления АПК // Ни-коновские чтения: сборник научных статей. Чебоксары: Чувашский гос. педагогический ун-т, 2012. № 17. С. 106–108.
3. Богомолова И.С., Найдено В.И. Место и роль информационного обеспечения в системе управле-ния организацией // Электронный научный журнал. 2016. № 4(7). С. 507–511. DOI: 10.18534/enj.2016.04.507.
4. Бочкарев А.М. Модель управления системой информационного обеспечения производственной деятельности предприятия // Вестник Удмуртского университета. Серия Экономика и право. 2015. Т. 25, № 4. С. 35–42.
5. Бочкарев А.М. Структура системы информационного обеспечения производственной деятель-ности предприятия // Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова. 2018. № 6(102). С. 121–129.
6. Ведомственная программа цифровой трансформации Министерства сельского хозяйства Рос-сийской Федерации на 2021–2023 годы: утверждена президиумом Правительственной комиссии по циф-ровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности, протокол от 07.10.2021 г. № 34 [Электронный ресурс] // Справочно-правовая система КонсультантПлюс. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_400336/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_400336/) (дата обращения: 20.01.2022).
7. Гагиев М.И. Информационное обеспечение региональной системы управления проектами и программами // Инфраструктурные отрасли экономики: проблемы и перспективы развития. 2014. № 5. С. 8–12.
8. Иткулов С.Г., Новоселов Ю.А. Методология формирования и использования адаптивно-детерминированных систем в управлении // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2009. № 8. С. 91–96.
9. Коломейченко А.С., Ноздрина Ю.В. Информационное обеспечение системы управления АПК Орловской области // Актуальные проблемы развития хозяйствующих субъектов, территорий и систем реги-онального и муниципального управления: матер. XI международной науч.-практ. конф. (Курск, 26–29 мая 2016 г.). Курск: ЗАО «Университетская книга», 2016. С. 127–130.
10. Кораблев А.В., Петрушова М.В. Информационное обеспечение системы управления совре-менным предприятием // Проблемы развития предприятий: теория и практика. 2018. № 3. С. 35–39.
11. Корецкий П.Б., Улезько А.В. Информационное обеспечение управления снабженческо-сбытовой деятельностью // Экономика сельского хозяйства России. 2017. № 3. С. 7–13.
12. Курносов А.П., Улезько А.В. Экономико-математическое моделирование в системе информа-ционного обеспечения деятельности хозяйствующих субъектов аграрной сферы / А.П. Курносов, А.В. Улезько // Моделирование и информационное обеспечение экономических процессов в АПК: сб. науч. тр. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2011. С. 3–23.
13. Курносова Н.С., Курносов А.П. Стратегия формирования и развития системы информационного обеспечения управления аграрным производством: монография. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2018. 166 с.
14. Мирзоева С.А. Совершенствование системы информационного обеспечения предприятий АПК (на примере Республики Дагестан): автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. Махачкала, 2017. 24 с.
15. Об информации, информатизации и защите информации: Федеральный закон РФ № 24-ФЗ от 20.02.95 г. [Электронный ресурс] // Информационно-правовой портал Гарант. URL: <https://base.garant.ru/10103678/> (дата обращения: 20.01.2022).

16. Перечень информационных систем Минсельхоза России [Электронный ресурс] // Официальный сайт Министерства сельского хозяйства РФ. URL: <https://mcx.gov.ru/analytics/infosystems/> (дата обращения: 20.01.2022).

17. Сухомлинова М.И. Информационное обеспечение управления региональным АПК: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. Елец, 2013. 194 с.

18. Сухомлинова М.И. Специфика формирования системы информационного обеспечения управления региональным АПК // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2013. № 1(36). С. 365–369.

19. Улезько А.В., Улезько О.В. Система планов оптимального развития аграрных формирований: состав и система информационного обеспечения // Моделирование и информационное обеспечение экономических процессов в АПК: сб. науч. тр. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2011. С. 216–220.

## References

1. Antonov I.E. Informatsionnoye obespecheniye organov gosudarstvennoj vlasti Primorskogo kraja (obshchiye printsiipy sozdaniya informatsionnykh sistem organov upravleniya) [Information support of government bodies of Primorsky Krai (general principles for creating information systems of government bodies)]. URL: <http://antonov.fesaem.ru/lvan/Articles/InfoSyst.htm>. (In Russ.).

2. Belousov V.M. Formirovaniye sistemy informatsionnogo obespecheniya upravleniya APK [Formation of the information support system for the management of the Agro-Industrial Complex]. Nikonovskiye chteniya: sbornik nauchnykh statej [Nikonova's Readings: collection of scientific papers]. Cheboksary: Chuvash State Pedagogical University Press. 2012;17:106-108. (In Russ.).

3. Bogomolova I.S., Naydenko V.I. Mesto i rol' informatsionnogo obespecheniya v sisteme upravleniya organizatsiej [The place and role of information security in the organization's management system]. *Elektronnyy nauchnyy zhurnal = Electronic Scientific Journal*. 2016;4(7):507-511. DOI: 10.18534/enj.2016.04.507. (In Russ.).

4. Bochkarev A.M. Model' upravleniya sistemoy informatsionnogo obespecheniya proizvodstvennoj deyatel'nosti predpriyatiya [The model of managing the system of information support of enterprise operations]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Ekonomika i pravo = Bulletin of Udmurt University. Series Economics and Law*. 2015;25(4):35-42. (In Russ.).

5. Bochkarev A.M. Struktura sistemy informatsionnogo obespecheniya proizvodstvennoj deyatel'nosti predpriyatiya [The structure of the information support system for the production activities of the enterprise]. *Vestnik Rossiyskogo ekonomicheskogo universiteta imeni G.V. Plekhanova = Bulletin of the Russian Economic University named after G.V. Plekhanov*. 2018;6(102):121-129. (In Russ.).

6. Vedomstvennaya programma tsifrovoj transformatsii Ministerstva sel'skogo khozyaystva Rossiyskoj Federatsii na 2021-2023 gody: utverzhdena prezidiumom Pravitel'svennoj komissii po tsifrovomu razvitiyu, ispol'zovaniyu informatsionnykh tekhnologij dlya uluchsheniya kachestva zhizni i uslovij vedeniya predprinimatel'skoj deyatel'nosti, protokol ot 07.10.2021 g. № 34 [Departmental Digital Transformation Program of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation for 2021-2023: approved by the Presidium of the Government Commission on Digital Development, the Use of Information Technologies to Improve the Quality of Life and the Conditions for Doing Business, Protocol No. 34 of 07.10.2021]. Legal Reference system ConsultantPlus. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_400336/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_400336/). (In Russ.).

7. Gagiev M.I. Informatsionnoye obespecheniye regional'noy sistemy upravleniya proyektami i programmami [Information support of the regional project and program management system]. *Infrastrukturnye otrasli ekonomiki: problemy i perspektivy razvitiya = Infrastructure sectors of the economy: problems and development prospects*. 2014;5:8-12. (In Russ.).

8. Itkulov S.G., Novoselov Yu.A. Metodologiya formirovaniya i ispol'zovaniya adaptivno-determinirovannykh sistem v upravlenii [Methodology for the formation and use of adaptive-deterministic systems in management]. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*. 2009;(8):91-96. (In Russ.).

9. Kolomeychenko A.S., Nozdrina Ju.V. Informatsionnoye obespecheniye sistemy upravleniya APK Orlovskoj oblasti [Information support of the management system of the Agro-Industrial Complex of Orel Oblast]. Aktual'nyye problemy razvitiya khozyaystvuyushchikh sub"yektov, territorij i sistem regional'nogo i munitsipal'nogo upravleniya: materialy XI mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii (Kursk, 26-29 maya 2016 g.) [Actual problems of development of economic entities, territories and systems of regional and municipal government: Proceedings of the XI International Scientific and Practical Conference (Kursk, May 26-29, 2016)]. Kursk: ZAO "Universitetskaya kniga"; 2016:127-130. (In Russ.).

10. Korablev A.V., Petrushova M.V. Informatsionnoye obespecheniye sistemy upravleniya sovremennym predpriyatijem [Information support system of modern enterprise management]. *Problemy razvitiya predpriyatij: teoriya i praktika = Problems of Enterprise Development: Theory and Practice*. 2018;(3):35-39. (In Russ.).

11. Koretsky P.B., Ulez'ko A.V. Informatsionnoye obespecheniye upravleniya snabzhenchesko-sbytovoj deyatel'nost'yu [Information support of supply and sales activities management]. *Ekonomika sel'skogo khozyaystva Rossii = Economics of Agriculture of Russia*. 2017;3:7-13. (In Russ.).

12. Kurnosov A.P., Ulez'ko A.V. Ekonomiko-matematicheskoye modelirovaniye v sisteme informatsionnogo obespecheniya deyatel'nosti khozyaystvuyushchikh sub"yektov agrarnoy sfery [Economic and mathematical modeling in the system of information support for the activities of economic entities in the agricultural sector]. Modelirovaniye i informatsionnoye obespecheniye ekonomicheskikh protsessov v APK: sbornik nauchnykh trudov [Modeling and information support of economic processes in the Agro-Industrial Complex: collection of scientific papers]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2011:3-23. (In Russ.).

13. Kurnosova N.S., Kurnosov A.P. Strategiya formirovaniya i razvitiya sistemy informatsionnogo obespecheniya upravleniya agrarnym proizvodstvom: monografiya [Strategy for the formation and development of the system of information support for the management of agricultural production: monograph]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2018. 166 p. (In Russ.).

14. Mirzoeva S.A. Sovershenstvovanie sistemy informatsionnogo obespecheniya predpriyatij APK (na primere Respubliki Dagestan) [Improving the information support system for agribusiness enterprises (on the example of the Republic of Dagestan)]. Avtoreferat dissertatsii kandidata ekonomicheskikh nauk: 08.00.05 [Author's Abstract of Candidate of Economic Sciences]. Makhachkala; 2017. 24 p. (In Russ.).

15. Ob informatsii, informatizatsii i zashchite informatsii: Federal'nyj Zakon RF № 24-FZ ot 20.02.95 g. [On Information, Informatization and Information Protection: Federal Law of the Russian Federation No. 24-FZ of February 20, 1995]. Information and legal portal Garant. URL: <https://base.garant.ru/10103678/>. (In Russ.).

16. Perechen' informatsionnykh sistem Minsel'khoza Rossii [List of information systems of the Ministry of Agriculture of Russia]. Official website of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation. URL: <https://mcx.gov.ru/analytics/infosystems/>. (In Russ.).

17. Sukhomlinova M.I. Informatsionnoye obespecheniye upravleniya regional'nym APK [Information support for the management of the regional Agro-Industrial Complex]. Dissertatsiya kandidata ekonomicheskikh nauk: 08.00.05 [Dissertation of Candidate of Economic Sciences]. Yelets; 2013. 194 p. (In Russ.).

18. Sukhomlinova M.I. Spetsifika formirovaniya sistemy informatsionnogo obespecheniya upravleniya regional'nym APK [Specificity of formation of the system of information support for regional Agro-Industrial Complex management]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2013;1(36):365-369. (In Russ.).

19. Ulez'ko A.V., Ulez'ko O.V. Sistema planov optimal'nogo razvitiya agrarnykh formirovanij: sostav i sistema informatsionnogo obespecheniya [System of plans for the optimal development of agrarian formations: composition and information support system]. Modelirovaniye i informatsionnoye obespecheniye ekonomicheskikh protsessov v APK: sbornik nauchnykh trudov [Modeling and information support of economic processes in the Agro-Industrial Complex: collection of scientific papers]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2011:216-220. (In Russ.).

#### Информация об авторах

Д.В. Хмелев – аспирант кафедры информационного обеспечения и моделирования агроэкономических систем ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [dmitry.khmelev@mail.ru](mailto:dmitry.khmelev@mail.ru).

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](mailto:arle187@rambler.ru).

Т.В. Савченко – доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-Черноземного района – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева», [niieoapk-opik@yandex.ru](mailto:niieoapk-opik@yandex.ru).

#### Information about the authors

D.V. Khmelev, Postgraduate Student, the Dept. of Information Support and Modeling of Economic Systems in Agriculture, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [dmitry.khmelev@mail.ru](mailto:dmitry.khmelev@mail.ru).

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](mailto:arle187@rambler.ru).

T.V. Savchenko, Doctor of Economic Sciences, Docent, Chief Research Scientist, Research Institute of Economics and Organization of Agro-Industrial Complex of Central Black Earth Region – Branch of Federal Government Budgetary Scientific Institution "Voronezh Federal Agricultural Scientific Centre named after V.V. Dokuchaev", [niieoapk-opik@yandex.ru](mailto:niieoapk-opik@yandex.ru).

Статья поступила в редакцию 07.03.2022; одобрена после рецензирования 29.04.2022; принята к публикации 20.05.2022.

The article was submitted 07.03.2022; approved after revision 29.04.2022; accepted for publication 20.05.2022.

© Хмелев Д.В., Улезько А.В., Савченко Т.В., 2022

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НАРОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ  
(ПО ОТРАСЛЯМ И СФЕРАМ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ)  
(ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья  
УДК 334.72:332.1  
DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2022\_2\_151

**Основные направления совершенствования системы государственного регулирования развития фермерства (на примере Липецкой области)**

**Владимир Григорьевич Ширококов<sup>1✉</sup>, Анна Алексеевна Мандрова<sup>2</sup>, Юрий Иванович Сигидов<sup>3</sup>**

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

<sup>2</sup>Липецкий институт переподготовки и повышения квалификации кадров агропромышленного комплекса, Липецк, Россия

<sup>3</sup>Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

<sup>✉</sup>ssn3@bk.ru

**Аннотация.** Фермерство является одним из стратегических направлений социально-экономического развития России, поскольку вносит существенный вклад в обеспечение продовольственной безопасности отдельных регионов и страны в целом, сохранение и развитие сельских территорий. Фермерство представляет собой особую форму агробизнеса, предполагающую получение предпринимательского дохода как за счет вклада капитала, так и за счет личного труда самого собственника и членов его семьи. Для расширения сферы фермерского предпринимательства за счет вовлечения хозяйств населения требуется модернизация прямых и косвенных методов государственного воздействия. Доказано, что существующая система государственного регулирования развития фермерства приносит определенные положительные результаты, но требует постоянного совершенствования, особенно в связи с введением экономических санкций стран Запада и США в отношении России. Цель исследования состоит в разработке методических и практических рекомендаций по совершенствованию системы государственного регулирования развития фермерства с учетом оценки эффективности предоставления государственной финансовой поддержки. Проанализирована динамика финансовой поддержки К(Ф)Х Липецкой области. Раскрыт опыт организации обучения фермеров за счет бюджетных субсидий с целью получения комплекса компетенций в области внедрения инновационных технологий в растениеводстве и животноводстве; показаны способы совместной деятельности с крупными субъектами агробизнеса, что позволяет повысить качество управления эффективностью фермерского предпринимательства. Обоснованы предложения, направленные на решение проблемы сбыта произведенной сельскохозяйственной продукции (развитие системы закупок для государственных и муниципальных нужд), создание на условиях государственно-частного партнерства логистических центров для хранения и первичной переработки фермерской продукции с возможностью ее реализации как для промышленной переработки, так и непосредственно конечному потребителю.

**Ключевые слова:** фермерство, государственная поддержка, развитие предпринимательства, государственное регулирование, государственно-частное партнерство

**Для цитирования:** Ширококов В.Г., Мандрова А.А. Основные направления совершенствования системы государственного регулирования развития фермерства (на примере Липецкой области) // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 2(73). С. 151–158. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_2\\_151-158](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_151-158).

ECONOMICS AND MANAGEMENT OF THE NATIONAL ECONOMY  
(BY BRANCHES AND FIELDS OF ACTIVITY)  
(ECONOMIC SCIENCES)

Original article

**Priorities for improving the system of State regulation  
of the development of farming (in a specific context of Lipetsk Oblast)**

**Vladimir G. Shirobokov<sup>1✉</sup>, Anna A. Mandrova<sup>2</sup>, Yuriy I. Sigidov<sup>3</sup>**

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

<sup>2</sup>Lipetsk Institute of the Personnel Qualification Upgrade of Agro-Industrial Complex, Lipetsk, Russia

<sup>3</sup>Kuban State Agrarian University named after I.T. Tribilin, Krasnodar, Russia

<sup>✉</sup>ssn3@bk.ru

**Abstract:** Farming is one of the strategic directions of socio-economic development of Russia, as it makes a significant contribution to ensuring food security of individual regions and the country as a whole, the preservation and



development of rural areas. Farming is a special form of agribusiness, involving the receipt of entrepreneurial income both through the contribution of capital and through the personal labor of the owner and his family members. In order to expand the sphere of farm entrepreneurship by involving households, modernization of direct and indirect methods of state influence is required. It is proved that the existing system of State regulation of the development of farming brings certain positive results, but requires constant improvement, especially in connection with the introduction of economic sanctions by Western countries and the United States against Russia. The purpose of the study is to develop methodological and practical recommendations for improving the system of state regulation of the development of farming, taking into account the assessment of the effectiveness of the provision of state financial support. The dynamics of financial support to peasant farm enterprises of Lipetsk Oblast is analyzed. The experience of organizing farmers' training at the expense of budget subsidies in order to obtain a set of competencies in the sphere of introduction of innovative technologies in crop production and animal husbandry is disclosed; the ways of joint activity with large agribusiness entities are shown, which makes it possible to improve the quality of efficiency management of farm entrepreneurship. The proposals aimed at solving the problem of marketing agricultural products (development of a procurement system for state and municipal needs), creation of logistics centers for storage and primary processing of farm products on the terms of public-private partnership with the possibility of its sale both for industrial processing and directly to the end consumer are substantiated.

**Keywords:** farming, State support, entrepreneurship development, State regulation, public-private partnership.

**For citation:** Shirobokov V.G., Mandrova A.A. Priorities for improving the system of State regulation of the development of farming (in a specific context of Lipetsk Oblast). *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(2):151-158. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_2\\_151-158](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_151-158).

Социально-экономические и политические изменения, произошедшие в 2022 г. во всем мире, позволяют прогнозировать долгосрочный характер санкционного давления стран Запада и США на Россию. Вместе с тем санкции стимулируют органы государственной и муниципальной власти к созданию условий для развития фермерства, являющегося одной из ключевых фигур в импортозамещении продукции сельского хозяйства. Перед российскими фермерами сейчас открываются новые возможности, которые с учетом целенаправленной государственной поддержки позволят не только сохранить объемы производства продукции, но и увеличить их, заменив продукцию ушедших с рынка иностранных компаний.

Фермерство в России – особая организационно-правовая форма финансово-хозяйственной деятельности, представляющая собой объединение граждан, связанных родством и (или) свойством, имеющих в общей собственности имущество и совместно осуществляющих производственную и иную хозяйственную деятельность (производство, переработку, хранение, транспортировку и реализацию сельскохозяйственной продукции), основанную на их личном участии [9]. Развитие фермерских хозяйств в последние годы является одним из приоритетных направлений государственной экономической политики. Ведь именно фермеры содействуют решению стратегически важных задач – обеспечению продовольственной безопасности регионов и страны в целом, а также сохранению и развитию сельских территорий.

Поскольку фермерство является одной из форм предпринимательской деятельности, система его государственного регулирования базируется на основных направлениях развития предпринимательства (см. рис.) [2].

Государственное регулирование развития фермерства ориентировано не только на поддержку уже осуществляющих деятельность, но и на вовлечение в сферу предпринимательства потенциальных фермеров. На это направлены основные прямые и косвенные методы воздействия, стимулирующие население к проживанию в сельской местности и организацию им собственного бизнеса на этих территориях.

В процессе исследования применялись различные общенаучные методы исследования: экономико-статистический, абстрактно-логический, обобщение, аналогия, сравнение, описание, табличное и графическое представление полученных результатов. Предложенные направления повышения эффективности государственного регулирования развития фермерства основываются на информационно-эмпирической базе, регулирующей фермерскую деятельность (федеральные и региональные законы, постановления правительства), публикациях в периодической печати и электронных ресурсах.



**Направления государственного регулирования развития фермерства в Российской Федерации**

Одной из первоочередных задач государства на начальном этапе является повышение привлекательности проживания на сельских территориях, сокращение оттока сельского населения. На ее решение направлены мероприятия по повышению обеспеченности сельских населенных пунктов объектами инженерной (газификация, водоснабжение), транспортной (дороги общего пользования) и социальной инфраструктуры (развитие сети общеобразовательных организаций, фельдшерско-акушерских пунктов, спортивных и детских площадок, домов культуры). К 2025 г. в Российской Федерации прогнозируется достижение основных целевых индикаторов: доля сельского населения в общей численности населения – 25,2%, доля общей площади благоустроенных жилых помещений в сельских населенных пунктах – 48,0% [6]. Динамика достижения этих целевых показателей находится в прямой зависимости от финансового обеспечения региональных программ по развитию сельских территорий, реализуемых на условиях софинансирования с федеральным бюджетом.

В Липецкой области в 2018 г. значения целевых индикаторов региональной программы развития сельских территорий [5] превысили среднероссийский уровень: доля сельского населения в общей численности населения составила 35,5%, доля общей площади благоустроенных жилых помещений в сельских населенных пунктах – 71,8%. С целью минимизации оттока сельского населения и сохранения сельских территорий региона в 2019–2020 гг. на их развитие было инвестировано 752 204 тыс. руб. бюджетных средств, из которых 72% (541 587 тыс. руб.) – средства федерального бюджета [1].

Реализуемые в регионе мероприятия по развитию сельских территорий позволили стабилизировать удельный вес сельского населения в общей численности населения на уровне 35,0% и прекратить его отток в города, а также повысить до 73,0% долю общей площади благоустроенных жилых помещений в сельских населенных пунктах.

Обеспечение благоприятных условий проживания населения на сельских территориях является базой для создания и развития фермерства в регионе с точки зрения иерархической пирамиды потребностей человека. Вместе с тем полноценное функционирование создаваемых объектов социальной инфраструктуры сельских территорий полностью зависит от наличия квалифицированных кадров (врачей, среднего медицинского персонала, учителей, воспитателей, художественных руководителей, тренеров и т.д.). Существующие региональные программы по привлечению кадров для работы на селе дают лишь кратковременный эффект, поскольку мероприятия государственных и муниципальных программ по привлечению кадров носят краткосрочный характер и направлены на их реализацию в течение 3–5 лет с момента переезда специалиста в сельскую местность. В дальнейшем, выполнив условия получения господдержки относительно минимального срока работы на селе, привлеченные по программам специалисты нередко переезжают в город. Необходимо дополнить региональные программы по привлечению кадров для работы на сельских территориях мероприятиями, стимулирующими их закрепление в сельской местности [12]. Перспективными направлениями, на наш взгляд, могут стать повышенные коэффициенты к заработной плате (в зависимости от удаленности сельского населенного пункта от районного центра), льготы детям таких работников при поступлении в среднеспециальные и высшие учебные заведения, разовые денежные премии в зависимости от длительности сельского стажа, возможность получения целевых образовательных грантов на оплату дополнительного образования и курсов повышения квалификации.

Наличие благоприятных условий для проживания на сельских территориях будет содействовать закреплению населения и их семей, что позволит перейти к следующему этапу государственного регулирования развития фермерства – стимулированию сельских жителей к организации крестьянских (фермерских) хозяйств.

Значительное влияние на принятие потенциальным фермером решения о начале хозяйственной деятельности и регистрации в качестве субъекта предпринимательства, легализацию неоформленной предпринимательской деятельности хозяйств населения оказывает государственная финансовая поддержка К(Ф)Х и фермерских сельскохозяйственных кредитных кооперативов посредством предоставления субсидий (возмещение затрат по организации и развитию бизнеса) и грантов (целевые средства, направляемые на реализацию инвестиционного бизнес-плана). В Липецкой области на целевую поддержку фермеров в 2019–2020 гг. было направлено 1 085 9750 тыс. руб. и 914 007 тыс. руб. – на развитие сельских территорий [1], что позволило стабилизировать на уровне 35,0% долю населения области, проживающего в сельской местности, а также на 102,8% увеличить численность официально занятых в деятельности К(Ф)Х (см. табл.).

В 2019 г. в Липецкой области отмечен рост численности К(Ф)Х на 8 ед. при сокращении суммы субсидии на развитие К(Ф)Х в расчете на одного получателя, в 2020 г. – наоборот, снижение числа К(Ф)Х на 5 ед. при увеличении суммы субсидии. Такая тенденция свидетельствует об отсутствии линейной зависимости уровня развития К(Ф)Х от суммы предоставляемой государственной поддержки на его развитие. Кроме того, нередки случаи прекращения финансово-хозяйственной деятельности фермера после истечения срока ее обязательного осуществления, предусмотренного соглашением о предоставлении финансовой поддержки.

**Государственная финансовая поддержка КФХ в Липецкой области в 2018–2020 гг.**

Показатель	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Темп роста 2020 г. к 2018 г., %
Число К(Ф)Х, ед.	1 532	1 540	1 535	100,2
Численность работников, занятых в К(Ф)Х, чел.	4 596	4 750	4 723	102,8
Субсидии на развитие сельских территорий, тыс. руб.	161 803	198 146	554 058	342,4
Доля населения Липецкой области, проживающего в сельской местности, %	35,5	35,0	35,0	–0,5
Субсидии на развитие К(Ф)Х, тыс. руб.	348 272	324 277	413 426	118,7
Число К(Ф)Х, получивших поддержку, ед.	52	65	59	113,5
Сумма предоставленной финансовой поддержки на одного получателя, тыс. руб.	6 698	6 236	7 951	118,7
Сумма финансовой поддержки на одного потенциального получателя, тыс. руб.	227	211	269	118,0

Государственное регулирование следует направить на создание максимально комфортных условий ведения фермерской деятельности за счет усиления господдержки, привлечения государственных и частных инвестиций [11], предоставления преференций в налогообложении. Налоговая политика Российской Федерации предусматривает специальные налоговые режимы (УСН, ЕСХН, патент для отдельных видов деятельности) с льготными ставками налогов.

Липецкая область пользуется законодательно предоставленной регионам возможностью устанавливать пониженные налоговые ставки для хозяйствующих субъектов, начинающих бизнес [4, 7], стимулируя совместно с государственной финансовой поддержкой ежегодное создание порядка 25–30 новых К(Ф)Х. Однако сейчас остро встает вопрос об упрочнении позиций существующего бизнеса, стимулировании его к продолжению осуществления официальной деятельности.

Фермерский бизнес, особенно на этапе становления, испытывает трудности с привлечением высококвалифицированных специалистов (агрономов, ветеринаров, зоотехников, водителей сельскохозяйственной техники и др.). Для решения этой проблемы в Липецкой области наряду с другими регионами с 2021 г. внедрена система специализированного бесплатного для фермеров обучения основам предпринимательской и производственной деятельности в рамках реализации всероссийского образовательного проекта Министерства сельского хозяйства России и Россельхозбанка – «Школа фермера». Адаптированная под различные уровни знаний и опыта образовательная программа «Школа фермеров» базируется на теоретической подготовке начинающих фермеров, дает комплексные знания о построении и развитии эффективной финансово-хозяйственной деятельности, обеспечивает возможность познакомиться с новыми агротехнологиями, знаниями ведущих специалистов сельхозпредприятий, установить партнерские отношения с крупным сельскохозяйственным бизнесом региона. В 2021 г. в региональной «Школе фермера» успешно прошли обучение 33 человека, из которых трое по результатам обучения и защиты инвестиционного проекта получили целевую субсидию в размере 300 тыс. руб. на реализацию разработанного ими бизнес-плана по развитию собственного дела [10].

Вместе с тем в настоящее время нерешенным остается вопрос сбыта фермерами произведенной продукции и возможность регулярной ее поставки в крупные торговые сети. Объединение фермеров в сельскохозяйственные производственные, снабженческо-

сбытовые кооперативы частично позволяет им обеспечивать бесперебойность поставок при взаимодействии с торговыми сетями. Однако отсутствие специализированных оборудованных складских помещений для хранения аграрной продукции, ее частичной переработки, неразвитость системы страхования произведенной продукции от непредвиденных потерь (заражение болезнями в овоще- и зернохранилищах, аварийное отключение холодильных установок и т.п.) являются сдерживающими факторами в развитии фермерства [3].

Создаваемые на условиях государственно-частного партнерства центры логистики для хранения и переработки произведенной фермерами сельскохозяйственной продукции позволят реализовывать ее крупным торговым сетям, а также повысят для фермеров возможность участвовать в единой системе государственных и муниципальных закупок. В связи с недостаточной проработанностью российского законодательства, регламентирующего деятельность государственно-частного партнерства в этом направлении, высокой степенью риска и затрат при его реализации создание полноценных логистических центров для фермеров все еще затруднительно.

Начальным этапом в этом направлении может стать реализация законодательно предусмотренной возможности предоставления преференций фермерам в рамках региональной системы государственных и муниципальных закупок. Как известно, согласно российскому законодательству [8] конкурентные закупки для нужд государственных и муниципальных заказчиков (учреждения дошкольного и школьного образования, здравоохранения, социальной сферы) проводятся при начальной максимальной цене контракта, превышающей 600 тыс. руб. Если цена контракта ниже этой суммы, то заказчик вправе осуществить закупку без проведения конкурентных процедур, заключив прямой договор с единственным поставщиком. Это, как правило, исключает возможность для отдельно взятого фермера принимать участие в торгах вследствие недостаточности объемов требуемой продукции. Заключение прямых договоров с фермерами также затруднительно, поскольку заказчики отдают предпочтение поставщикам, с которыми уже налажен опыт взаимодействия.

В Липецкой области с 2021 г. все государственные и муниципальные заказчики, деятельность которых финансируется из регионального и местных бюджетов, обязаны проводить конкурентные закупки для государственных и муниципальных нужд с использованием модуля «Малые закупки Липецкой области». Конкурсным торгам подлежат все контракты, стоимость которых превышает 50 тыс. руб.

Таким образом, в регионе был повышен уровень конкурентных закупок, содействующий вовлечению в систему государственного и муниципального заказа максимального числа местных производителей, включая фермеров. Это позволило повысить прозрачность закупок, эффективность расходования бюджетных средств, оказать содействие фермерам в сбыте произведенной продукции.

### **Выводы**

Существующая система государственного регулирования развития фермерства приносит значительные положительные результаты:

- создаются новые К(Ф)Х и развиваются функционирующие;
- сельское население обеспечивается рабочими местами, что наряду с реализацией мероприятий по развитию сельских территорий позволяет сдерживать отток населения из села;
- увеличивается объем производимой фермерами продукции и ее доля в производстве региональной сельхозпродукции.

Вместе с тем направления государственного регулирования развития фермерства требуют корректировки с учетом современных социально-экономических тенденций развития страны.

Необходимо оказывать финансовую поддержку и предоставлять льготы по налогам не только вновь создаваемым К(Ф)Х, но и действующим, содействуя развитию и стабилизации их финансово-экономического положения.

Стимулирование развития системы закупок для государственных и муниципальных нужд, создание на условиях государственно-частного партнерства логистических центров для хранения и первичной переработки фермерской продукции с возможностью ее реализации как для промышленной переработки, так и непосредственно конечному потребителю позволит решить одну из острых на сегодня проблем – сбыт произведенной продукции.

Предлагаемые мероприятия по развитию К(Ф)Х позволят стабилизировать их деятельность и направить усилия на наращивание объемов производства сельскохозяйственной продукции, содействовать импортозамещению и обеспечению продовольственной безопасности.

---

**Список источников**

1. Информационный справочник о мерах и направлениях государственной поддержки агропромышленного комплекса Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gp.specagro.ru> (дата обращения: 07.02.2022).
2. Мандрова А.А. Развитие государственного регулирования функционирования малого и среднего бизнеса в аграрной сфере: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. Воронеж, 2019. 24 с.
3. Мандрова А.А., Ширококов В.Г., Закшевская Е.В. Стратегические параметры развития малого и среднего бизнеса аграрного сектора экономики // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2020. Т. 82, № 4(86). С. 254–262.
4. Налоговый кодекс Российской Федерации от 31.07.1998 № 146-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901714421> (дата обращения: 27.02.2022).
5. Об утверждении государственной программы Липецкой области «Комплексное развитие сельских территорий Липецкой области»: Постановление администрации Липецкой области от 26.11.2019 г. № 498 [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/561621909> (дата обращения: 12.02.2022).
6. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Комплексное развитие сельских территорий» и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации»: Постановление Правительства Российской Федерации от 31.05.2019 г. № 696 [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/554801411> (дата обращения: 12.02.2022).
7. О внесении изменений в Закон Липецкой области «Об установлении налоговой ставки для организаций и индивидуальных предпринимателей, применяющих упрощенную систему налогообложения»: Закон Липецкой области от 18.06.2020 г. № 396-ОЗ [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/570812336> (дата обращения: 27.02.2022).
8. О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд: Федеральный закон от 05.04.2013 г. № 44-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/499011838> (дата обращения: 20.02.2022).
9. О крестьянском (фермерском) хозяйстве: Федеральный закон от 11.06.2003 г. № 74-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901865030> (дата обращения: 20.02.2022).
10. Пять красных дипломов в «Школе фермера» от Россельхозбанка // Информационный портал GOROD48.ru [Электронный ресурс]. URL: <https://gorod48.ru/news/1922603/> (дата обращения: 12.06.2022).
11. Тарасенко Е.А., Хорева О.Б. Экономическое стимулирование для устранения дефицита медицинских кадров в сельских территориях // Вопросы государственного и муниципального управления. 2016. № 4. С. 117–142.
12. Трубилин А.И., Мельников А.Б., Сидоренко В.В., Михайлушкин П.В. Развитие фермерства в России // Международный сельскохозяйственный журнал. 2018. № 3. С. 4–7.

**References**

1. Informatsionnyj spravochnik o merakh i napravleniyakh gosudarstvennoj podderzhki agropromyshlennogo kompleksa Rossijskoj Federatsii [Information guide on measures and directions of State support for the Agro-Industrial Complex of the Russian Federation]. URL: <http://www.gp.specagro.ru> (In Russ.).
2. Mandrova A.A. Razvitie gosudarstvennogo regulirovaniya funktsionirovaniya malogo i srednego biznesa v agrarnoj sfere [Development of state regulation of the functioning of small and medium-sized businesses in the agricultural sector]: avtoreferat dissertatsii ... kandidata ekonomicheskikh nauk = Author's Abstract of Candidate of Economic Sciences: 08.00.05. Voronezh, 2019. 24 p. (In Russ.).

3. Mandrova A.A., Shirobokov V.G., Zakshevskaya E.V. Strategicheskie parametry razvitiya malogo i srednego biznesa agrarnogo sektora ekonomiki [Strategic parameters for the development of small and medium-sized businesses in the agricultural sector]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii = Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2020;82(4):254-262. (In Russ.).

4. Nalogovyy kodeks Rossijskoj Federatsii ot 31.07.1998 № 146-FZ [Tax Code of the Russian Federation]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901714421> (In Russ.).

5. Ob utverzhdenii gosudarstvennoj programmy Lipetskoy oblasti "Kompleksnoe razvitie sel'skikh territorij Lipetskoy oblasti": Postanovlenie administratsii Lipetskoy oblasti ot 26.11.2019 № 498 [On the approval of the State Program of Lipetsk Oblast "Integrated development of rural areas of Lipetsk Oblast": Resolution of the Administration of Lipetsk Oblast of 26.11.2019 No. 498]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/561621909> (In Russ.).

6. Ob utverzhdenii gosudarstvennoj programmy Rossijskoj Federatsii "Kompleksnoe razvitie sel'skikh territorij" i o vnesenii izmenenij v nekotorye akty Pravitel'stva Rossijskoj Federatsii: Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federatsii ot 31.05.2019 № 696 [On the approval of the State Program of the Russian Federation "Integrated Development of Rural Territories" and on Amendments to Some acts of the Government of the Russian Federation: Decree of the Government of the Russian Federation No. 696 of 31.05.2019]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/554801411> (In Russ.).

7. O vnesenii izmenenij v Zakon Lipetskoy oblasti "Ob ustanovlenii nalogovoj stavki dlya organizatsij i individual'nykh predprinimatelej, primenyayushchikh uproshchennuyu sistemu nalogooblozheniya": Zakon Lipetskoy oblasti ot 18.06.2020 № 396-OZ [On Amendments to the Law of Lipetsk Oblast "On setting the tax rate for organizations and individual entrepreneurs applying the simplified taxation system": Law of Lipetsk Oblast of 18.06.2020 No. 396-OZ]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/570812336> (In Russ.).

8. O kontraktnoj sisteme v sfere zakupok tovarov, rabot, uslug dlya obespecheniya gosudarstvennykh i municipal'nykh nuzhd: Federal'nyj zakon ot 05.04.2013 № 44-FZ [On the contract system in the field of procurement of goods, works, services for State and municipal Needs: Federal Law No. 44-FZ of 05.04.2013]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/499011838> (In Russ.).

9. O krest'yanskom (fermerskom) khozyajstve: Federal'nyj zakon ot 11.06.2003 № 74-FZ [On the peasant (farm) economy: Federal Law No. 74-FZ of 11.06.2003]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901865030> (In Russ.).

10. Pyat' krasnykh diplomov v "Shkole fermera" ot Rossel'khozbanka. Informatsionnyj portal GOROD48.ru [Five red diplomas in the "Farmer's School" from Rosselkhoz Bank. Data Portal GOROD48.ru]. URL: <https://gorod48.ru/news/1922603/> (In Russ.).

11. Tarasenko E.A., Khoreva O.B. Ekonomicheskoe stimulirovanie dlya ustraneniya defitsita medicinskih kadrov v sel'skikh territoriyakh [Economic incentives for medical personnel deficit elimination in rural areas]. *Voprosy gosudarstvennogo i municipal'nogo upravleniya = Public Administration Issues*. 2016;(4):117-142. (In Russ.).

12. Trubilin A.I., Melnikov A.B., Sidorenko V.V., Mikhailushkin P.V. Razvitie fermerstva v Rossii [Development of farmership in Russia]. *Mezhdunarodnyj sel'skokhozyajstvennyj zhurnal = International Agricultural Journal*. 2018;3:4-7. (In Russ.).

### Информация об авторах

В.Г. Широбок – доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой бухгалтерского учета и аудита ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [ssn3@bk.ru](mailto:ssn3@bk.ru).

А.А. Мандрова – кандидат экономических наук, старший преподаватель кафедры экономики и коммерческой деятельности ФГБОУ ДПО «Липецкий институт переподготовки и повышения квалификации кадров агропромышленного комплекса», [annalets@yandex.ru](mailto:annalets@yandex.ru).

Ю.И. Сигидов – доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой теории бухгалтерского учета ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», [tbu\\_kuban@mail.ru](mailto:tbu_kuban@mail.ru).

### Information about the authors

V.G. Shirobokov, Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the Dept. of Accounting and Auditing, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [ssn3@bk.ru](mailto:ssn3@bk.ru).

A.A. Mandrova, Candidate of Economic Sciences, Senior Lecturer, the Dept. of Economics and Commercial Activity, Lipetsk Institute of the Personnel Qualification Upgrade of Agro-Industrial Complex, [annalets@yandex.ru](mailto:annalets@yandex.ru).

Yu.I. Sigidov, Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the Dept. of Theory of Accounting, Kuban State Agrarian University named after I.T. Tribilin, [tbu\\_kuban@mail.ru](mailto:tbu_kuban@mail.ru).

Статья поступила в редакцию 20.05.2022; одобрена после рецензирования 27.06.2022; принята к публикации 28.06.2022.

The article was submitted 20.05.2022; approved after revision 27.06.2022; accepted for publication 28.06.2022.

© Широбок В.Г., Мандрова А.А., Сигидов Ю.И., 2022

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НАРОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ  
(ПО ОТРАСЛЯМ И СФЕРАМ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ)  
(ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья  
УДК 005.21:[664+637](470.319)  
DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2022\_2\_159

**Проблемные аспекты и стратегические направления развития пищевой и перерабатывающей промышленности в Орловской области**

**Елена Ионовна Ловчикова<sup>1✉</sup>, Татьяна Ивановна Грудкина<sup>2</sup>, Галина Петровна Зверева<sup>3</sup>, Анастасия Сергеевна Волченкова<sup>4</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4</sup>Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, Орел, Россия

<sup>1</sup>elovchikova@rambler.ru✉

**Аннотация.** Проанализировано современное состояние и тенденции развития пищевой и перерабатывающей промышленности Орловской области. Выявлено, что общее количество предприятий, занимающихся переработкой с.-х. сырья и производством пищевой продукции, имеет тенденцию к сокращению, причем индексы производства пищевых продуктов и напитков свидетельствуют о положительной динамике развития. Определены лидирующие отрасли пищевой и перерабатывающей промышленности: производство мяса КРС, свинины, домашней птицы, колбасных изделий, мясных полуфабрикатов, свекловичного сахара, круп и др. В то же время производство молока (кроме сырого), кисломолочных продуктов (включая сметану), творога, а также плодоовощных консервов характеризуется значительными темпами снижения, причем по молоку и молочной продукции, овощам и бахчевым культурам продовольственная безопасность в целом по стране пока не достигнута. Обновление основных фондов по всем видам экономической деятельности осуществляется за счет привлечения инвестиций, объем которых в 2020 г. превысил значения 2018 г. на 14,2%. Следует отметить, что объем инвестиций в производство пищевых продуктов возрос в 2,8 раза, однако рентабельность их производства не превышает 14% из-за высоких затрат. Выявлены основные направления формирования стратегического развития пищевой и перерабатывающей промышленности Орловской области. По результатам проведенного SWOT-анализа показаны целесообразность и перспективы формирования регионального кластера в пищевой и перерабатывающей промышленности. Предложены стратегические направления внедрения инноваций, передовых технологий на основе цифровизации, модернизации технологических процессов, энергетического оборудования, соответствующих современным требованиям по энергоэффективности и экологии, реализация которых нацелена на рост эффективности производства и конкурентоспособности сельхозтоваропроизводителей. Отмечено, что для устойчивого развития организаций пищевой и перерабатывающей промышленности необходимо усиление мер государственной поддержки отрасли.

**Ключевые слова:** пищевая и перерабатывающая промышленность, тенденции развития, проблемные аспекты, стратегические направления развития, инновации, цифровизация, региональный кластер, Орловская область

**Для цитирования:** Ловчикова Е.И., Грудкина Т.И., Зверева Г.П., Волченкова А.С. Проблемные аспекты и стратегические направления развития пищевой и перерабатывающей промышленности в Орловской области // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 2(73). С. 159–171. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_2\\_159-171](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_159-171).

ECONOMICS AND MANAGEMENT OF THE NATIONAL ECONOMY  
(BY BRANCHES AND FIELDS OF ACTIVITY)  
(ECONOMIC SCIENCES)

Original article

**Areas of concern and strategic directions for food and processing industry development in Orel Oblast**

**Elena I. Lovchikova<sup>1✉</sup>, Tatyana I. Grudkina<sup>2</sup>, Galina P. Zvereva<sup>3</sup>, Anastasia S. Volchenkova<sup>4</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4</sup>Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, Orel, Russia

<sup>1</sup>elovchikova@rambler.ru✉



**Abstract.** The current status and trends in the development of the food and processing industry of Orel Oblast are analyzed. It has been revealed that the total number of enterprises engaged in the processing of agricultural raw materials and the production of food products tends to decrease, and the indices of food and beverage production indicate positive dynamics of development. The leading branches of the food and processing industry have been identified: the production of cattle meat, pork, poultry, sausage products, meat semi-finished products, beet sugar, cereals, etc. At the same time, the production of milk (except raw), fermented milk products (including sour cream), cottage cheese, as well as canned fruits and vegetables is characterized by significant rates of decline, and food security has not yet been achieved for milk and dairy products, vegetables and melons in the whole country. The renewal of fixed assets for all types of economic activity is carried out by attracting investments, the volume of which in 2020 exceeded the values of 2018 by 14.2%. It should be noted that the volume of investments in food production has increased by 2.8 times, but the profitability of their production does not exceed 14% due to high costs. The main directions of formation of strategic development of the food and processing industry of Orel Oblast are revealed. Based on the results of the SWOT analysis, the expediency and prospects of forming a regional cluster in the food and processing industry are shown. Strategic directions for the implementation of innovations, advanced technologies based on digitalization, modernization of technological processes, energy equipment that meet modern requirements for energy efficiency and ecology, aimed at increasing production efficiency and competitiveness of agricultural producers, are proposed. It is noted that for the sustainable development of organizations of the food and processing industry, it is necessary to strengthen measures of State support for the industry.

**Keywords:** food and processing industry, development trends, problematic aspects, strategic directions of development, innovation, digitalization, regional cluster, Orel Oblast

**For citation:** Lovchikova E.I., Grudkina T.I., Zvereva G.P., Volchenkova A.S. Areas of concern and strategic directions for food and processing industry development in Orel Oblast. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(2):159-171. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_2\\_159-171](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_159-171).

В современных условиях усиления политического и экономического противостояния со стороны западных стран, необходимости активизации решения проблемы насыщения рынка доступной отечественной высококачественной продукцией, импортозамещения в аграрном секторе и обеспечения продовольственной безопасности России субъектам бизнеса целесообразно формировать конкурентные преимущества, повышать свою конкурентоспособность [4, с. 95]. В настоящее время именно организации пищевой и перерабатывающей промышленности призваны в полной мере обеспечивать насыщение отечественного рынка конечными продуктами питания высокого качества и реализовывать экспортный потенциал агропромышленного комплекса. В то же время они как основные потребители сельскохозяйственного сырья стимулируют развитие сельского хозяйства, совершенствование технологий и внедрение инноваций.

Пищевая и перерабатывающая промышленность – наиболее динамично развивающаяся и системообразующая сфера экономики страны и регионов, формирующая агропродовольственный рынок, продовольственную и экономическую безопасность. Пищевая и перерабатывающая промышленность как часть агропромышленного комплекса является многоотраслевой системой, ориентированной на производство продукции и удовлетворение потребностей населения в продуктах питания [3, с. 31; 15, с. 41]. К наиболее значимым отраслям пищевой и перерабатывающей промышленности относят молочную, мясную, мукомольно-крупяную, масложировую и др.

Достигнутый уровень конкурентоспособности пищевой промышленности в условиях глобальной конкуренции оказывает непосредственное влияние на уровень жизни населения, стоимость потребительской корзины, условия и качество воспроизводства рабочей силы в национальной экономике [6, с. 91]. Необходимость выявления проблемных аспектов и стратегических направлений развития пищевой и перерабатывающей промышленности предопределила актуальность темы исследования, которое было проведено на примере Орловской области.

Проанализируем в динамике число организаций по видам экономической деятельности (на конец года), в том числе производящих пищевые продукты и напитки в Орловской области (табл. 1).

**Таблица 1. Число организаций по видам экономической деятельности в Орловской области (на конец года), единиц**

Показатели	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2021 г. (2020 г.) в % к 2018 г.
Число организаций по всем видам экономической деятельности	14 459	12 797	12 416	12 097	83,7
из них организаций обрабатывающих производств	1 271	1 123	1 071	1 037	81,6
в том числе:					
- производство пищевых продуктов	220	201	193	—*	87,7
- производство напитков	29	25	27	—**	93,1
Удельный вес организаций обрабатывающих производств в общей численности, %	8,8	8,8	8,6	8,6	–0,2 п.п.

Источник: по данным Орелстата [8, с. 64; 10]; \* – данные отсутствуют.

В Орловской области количество организаций по такому виду экономической деятельности, как обрабатывающее производство, к которому в том числе относится производство пищевых продуктов и напитков, сократилось в 2021 г. на 16,4%, а их доля от общего числа организаций – до 8,6%, или на 0,2 п.п. Произошло снижение и числа организаций по всем видам экономической деятельности – на 16,3%, тогда как количество организаций, производящих пищевую продукцию и напитки, в 2020 г. уменьшилось – соответственно на 12,3 и 6,9% по сравнению с 2018 г.

Динамику индексов производства по отдельным видам экономической деятельности, в том числе производства пищевых продуктов и напитков в Орловской области, проанализируем по данным таблицы 2.

**Таблица 2. Индексы производства по отдельным видам экономической деятельности в Орловской области (в процентах к предыдущему году)**

Наименование вида деятельности	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Отклонение (+, –), п.п.
Промышленное производство, всего	98,2	96,4	100,1	106,8	112,4	+14,2
из них обрабатывающие производства всего:	96,4	95,2	98,7	108,5	116,7	+20,3
в том числе:						
- производство пищевых продуктов	106,2	98,2	99,4	109,5	113,4	+7,2
- производство напитков	84,4	48,4	92,8	144,6	126,3	+41,9

Источник: по данным Орелстата [10].

В 2020 г. произошел рост индексов промышленного производства и в его рамках обрабатывающих производств к уровню 2016 г. на 14,2 и 20,3 п.п. и к уровню 2017 г. – на 16 и 21,5 п.п. Обратим внимание на то, что индекс производства пищевых продуктов в динамике с 2016 по 2020 г. имеет неоднозначный характер, но в целом возрос до 113,4%, или на 7,2 п.п. Явно выраженная колеблющаяся тенденция характерна и для индексов производства напитков, в конечном итоге рост которых составил почти 42 п. п.

Проанализируем динамику производства пищевых продуктов (в натуральных показателях) по данным таблицы 3.

Таблица 3. Динамика производства пищевых продуктов (в натуральных показателях) в Орловской области

Основные пищевые продукты	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2020 г. в % к 2017 г.
Мясо крупного рогатого скота, свинина, баранина, козлятина, конина и мясо прочих животных семейства лошадиных, оленина и мясо прочих животных семейства оленьих (оленьевых) парные, остывшие или охлажденные, т	37 811	40 490	46 764	62 494	165,3
Мясо и субпродукты пищевые домашней птицы, т	–*	10 671	19 759	19 439	182,2**
Изделия колбасные, включая для детского питания, т	2 500	3 865	4 971	4 886	195,4
Полуфабрикаты мясные и мясосодержащие охлажденные и замороженные, т	18 607	21 579	28 574	37 525	201,7
Рыба переработанная и консервированная, ракообразные и моллюски, т	2 595	2 362	3 214	3 799	146,4
Флодоовощные консервы, тыс. усл. банок	37 218	30 675	20 174	9 520	25,6
Молоко, кроме сырого, тыс. т	27 679	18 444	16 799	15 215	55,0
Масло сливочное, пасты масляные, масло топленое, жир молочный, спреды и смеси топленые сливочно-растительные, т	1 218	992	1 808	2 134	175,3
Творог, т	2 265	2 359	2 146	2 156	95,2
Продукты кисломолочные, в т. ч. сметана, т	9 810	7 215	4 694	5 997	61,1
Мука из зерновых культур, овощных и др. растительных культур, смеси из них, т	142 491	120 900	118 563	90 841	63,8
Крупа, т	65 479	70 388	65 807	70 144	107,1
Хлебобулочные изделия, т	52 968	48 279	49 252	49 212	92,9
Сахар белый свекловичный, т	286 216	306 900	347 642	316 005	110,4

Источник: по данным Орелстата [10]; \* – данные отсутствуют; \*\* – темп роста 2020 г. в % к 2018 г.

Наблюдается устойчивая тенденция значительного роста с 2017 по 2020 г. объемов производства (в натуральных показателях) мяса крупного рогатого скота, свинины, баранины и прочих животных – на 65,3%; мясных полуфабрикатов – в 2 раза. Также произошло заметное увеличение (при неустойчивой динамике роста) объемов производства колбасных изделий – почти в 2 раза, рыбы переработанной и консервированной, ракообразных и моллюсков – на 46,4%, масла сливочного и прочей продукции – почти в 1,8 раза, сахара белого свекловичного – на 10,4%, круп – на 7,1%. Отмечен рост объема производства мяса и субпродуктов пищевых домашней птицы в 2020 г. к уровню 2018 г. Наряду с этим, по данным Орелстата, производство молочных продуктов, в частности молока (кроме сырого), кисломолочных продуктов (включая сметану), муки и творога сократилось в 2020 г. соответственно на 45,0, 38,9 и 4,8% по сравнению с 2017 г.

Производство плодоовощных консервов уменьшилось на 74,4%. При этом следует отметить, что по молоку и молочной продукции, а также овощам и бахчевым культурам в России до сих пор не достигнут уровень порогового самообеспечения в соответствии с Доктриной продовольственной безопасности (90%) соответственно на 5,7 и 1,2 п.п., производство муки из зерновых культур, овощных и др. растительных культур, смеси из них сократилось на 36,2%. При этом снижение производства хлебобулочных изделий составило 7,1%, в то же время объем потребления хлебобулочных изделий (в пересчете на муку) в 2020 г. составил 117 кг на душу населения в год, что на 21,9% превышает рациональную норму потребления, соответствующую современным требованиям здорового питания (96 кг на душу населения в год).

Объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами по такому отдельному виду экономической деятельности Орловской области, как обрабатывающие производства, в том числе производство пищевых продуктов и напитков, проанализируем в динамике по данным таблицы 4.

**Таблица 4. Объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами по отдельным видам экономической деятельности в Орловской области, млн руб.**

Наименование вида деятельности	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2020 г. в % к 2017 г.
Обрабатывающие производства:	104 211	115 793	117 839	132 056	126,7
- производство пищевых продуктов	37 789	41 063	40 097	49 346	130,6
- производство напитков	1 583	1 286	2 264	2 714	171,4

Источник: по данным Орелстата [10].

В Орловской области объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами в обрабатывающей отрасли в 2020 г. возрос к уровню 2018 г. на 26,7%. Объем отгруженных пищевых продуктов и напитков хотя и увеличился за этот период на 30,6% (в 1,7 раза), но этот рост имеет неустойчивый характер.

Доля производства пищевых продуктов и напитков в 2018–2020 гг. была наибольшей в структуре объема отгруженной продукции (работ, услуг) обрабатывающих производств Орловской области (табл. 5).

**Таблица 5. Структура объема отгруженной продукции (работ, услуг) по видам обрабатывающих производств в Орловской области, %**

Показатели	2018 г.	2020 г.	Отклонение (+, -), п.п.
Производство пищевых продуктов и напитков	36,6	40,5	+3,9
Производство текстильных изделий, одежды, кожи и изделий из кожи	3,9	1,4	-2,5
Производство электрооборудования, компьютеров, электронных и оптических изделий	8,0	7,8	-0,2
Производство прочей неметаллической минеральной продукции	11,1	11,6	+0,5
Металлургическое производство	5,4	4,0	-1,4
Производство машин, транспортных средств и оборудования	18,1	16,8	-1,3
Производство готовых металлических изделий, кроме машин и оборудования	7,6	6,4	-1,2
Прочее	9,3	11,5	+2,2
Итого	100,0	100,0	-

Источник: по данным Орелстата [10].

Следует отметить, что в структуре объема отгруженной продукции (работ, услуг) обрабатывающих производств Орловской области доля объема отгруженных пищевых продуктов и напитков в 2020 г. возросла до 40,5%, что почти на 4 п.п. больше уровня 2018 г. Вторую позицию со сниженным на 1,3 п.п. удельным весом (до 16,8%) занимают произведенные машины, транспортные средства и оборудование. Доля же прочей неметаллической минеральной продукции в структуре обрабатывающих производств Орловской области занимает третью позицию, а именно 11,6%, что на 0,5 п.п. больше, чем в 2018 г.

Развитие обрабатывающих производств в Орловской области, в состав которых входит производство пищевой продукции, обуславливается наличием основных фондов, степенью их износа, выбытия и обновления, которые проанализируем по данным таблицы 6.

**Таблица 6. Наличие основных фондов, степень их износа, выбытия и обновления по отдельным видам экономической деятельности в Орловской области**

Наименование вида деятельности	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2020 г. в % к 2017 г.
Все виды экономической деятельности:					
- наличие основных фондов (на конец года; полной учетной стоимости), млн руб.	496 312	522 013	1 112 729	1 093 472	220,3
- коэффициент обновления, в процентах от наличия основных фондов на конец года	6,3	5,3	8,2	8,9	+2,6 п.п.
- коэффициент выбытия, в процентах от наличия основных фондов на начало года	1,2	0,6	0,2	0,5	-0,7 п.п.
- степень износа основных фондов (на конец года), %	50,2	48,6	35,7	36,6	-13,6 п.п.
Обрабатывающие производства:					
- наличие основных фондов (на конец года; по полной учетной стоимости), млн руб.	56 530	60 728	68 554	76 638	135,6
- коэффициент обновления, в процентах от наличия основных фондов на конец года	9,6	9,9	12,1	12,3	+2,7 п.п.
- коэффициент выбытия, в процентах от наличия основных фондов на начало года	1,0	0,6	0,4	0,6	-0,4 п.п.
- степень износа основных фондов (на конец года), %	47,4	42,6	41,9	41,0	-6,4 п.п.

Источник: по данным Орелстата [8, с. 17; 10].

В течение 2017–2020 гг. наблюдается тенденция увеличения основных фондов по всем видам экономической деятельности (к 2020 г. выросло в 2,2 раза), но в 2020 г. отмечено снижение этого показателя к уровню 2019 г. на 1,7%. Это способствовало росту в 2020 г. коэффициента обновления основных фондов на 2,6 п.п., а также сокращению коэффициента выбытия и степени их износа соответственно на 0,7 и 13,6 п.п. по сравнению с 2017 г. По отрасли обрабатывающих производств наличие основных фондов за этот период возросло на 35,6%, что способствовало увеличению коэффициента обновления на 2,7 п.п. и уменьшению коэффициента выбытия и степени их износа соответственно на 0,4 и 6,4 п.п.

Обновление основных фондов по всем видам экономической деятельности в Орловской области осуществляется за счет увеличения объемов инвестиций на их модернизацию, которые в 2020 г. составили 33 906 млн руб. (табл. 7), что на 4 206 млн руб., или 14,2%, больше, чем в 2018 г.

**Таблица 7. Объем инвестиций в основной капитал по отдельным видам экономической деятельности в Орловской области, млн руб.**

Показатели	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2020 г. в % к 2018 г.
Все виды экономической деятельности	29 700	31 476	33 906	114,2
Обрабатывающие производства	9 081	8 155	8 414	92,7
Производство пищевых продуктов	2 019	3 707	5 708	282,7
Производство напитков	36	8	-	-

Источник: по данным Орелстата [8, с. 156].

Инвестиции в основной капитал по обрабатывающим производствам сократились за этот период на 667 млн руб., или 7,4%. В то же время объем инвестиций в производство пищевых продуктов возрос в 2020 г. в сравнении с 2018 г. на 3,7 млрд руб., или в 2,8 раза, то есть имеет устойчивую тенденцию роста, который составил в 2019 г. 1,7 млрд руб., или 83,6% по сравнению с 2018 г., а в 2020 г. – еще 2 млрд руб., или 54% к уровню 2019 г. Более того, если в 2018 г. доля инвестиций в основной капитал в производстве пищевых продуктов составляла 6,8% к итогу по всем видам экономической деятельности Орловской области, то в 2020 г. возросла на 10 п.п. до 16,8%. Это, несомненно, позволит постепенно технически и технологически модернизировать данную отрасль.

Затраты на производство и продажу продукции пищевой и перерабатывающей промышленности в расчете на 1 рубль произведенной продукции проанализируем в динамике по данным таблицы 8.

**Таблица 8. Затраты на производство и продажу продукции пищевой и перерабатывающей промышленности в расчете на 1 рубль произведенной в Орловской области продукции, руб.**

<b>Основные пищевые продукты</b>	<b>2016 г.</b>	<b>2017 г.</b>	<b>2018 г.</b>	<b>2019 г.</b>	<b>2020 г.</b>	<b>2020 г. в % к 2016 г.</b>
Обрабатывающие производства	0,93	0,93	0,93	0,90	0,90	96,4
Производство пищевых продуктов	0,94	1,01	0,95	0,95	0,88	93,7
Переработка и консервирование мяса и мясной пищевой продукции	0,96	1,08	1,03	1,05	1,29	134,2
Переработка и консервирование фруктов и овощей	1,15	1,20	4,88	0,90	0,94	81,8
Производство растительных и животных масел и жиров	0,99	0,96	0,95	0,93	0,92	93,2
Производство молока (кроме сырого) и молочной продукции	0,99	0,98	0,96	0,95	0,86	87,7
Производство питьевого молока и питьевых сливок	1,07	1,17	0,68	0,95	0,99	92,8
Производство сыра и сырных продуктов	1,02	1,09	2,27	1,00	1,61	158,7
Производство прочей молочной продукции	0,94	0,91	1,01	0,95	0,86	91,5
Производство продуктов мукомольной и крупяной промышленности	0,93	1,05	1,15	0,96	1,01	109,4
Производство муки из зерновых культур	0,89	1,01	1,07	0,96	1,05	118,2
Производство крупы и гранул из зерновых культур	0,96	1,08	1,19	0,95	0,98	101,6
Производство крахмала и крахмало-содержащих продуктов	0,82	0,80	0,80	0,95	0,83	101,1
Производство хлебобулочных и мучных кондитерских изделий	0,92	0,85	0,87	0,91	0,82	89,2
Производство сахара	0,90	1,08	0,90	0,95	0,77	85,0

Источник: по данным Росстата [17].

В Орловской области затраты на производство и продажу продукции обрабатывающих производств в расчете на 1 рубль произведенной продукции имеют тенденцию к сокращению – в 2020 г. в целом на 3,6% по сравнению с 2016 г. Наиболее четкая динамика снижения данных затрат соответственно до 0,86 и 0,92 руб. (на 12,3 и 6,8%) прослеживается при производстве молока (кроме сырого) и молочной продукции, а также растительных и животных масел и жиров. По таким видам продукции, как сахар,

хлебобулочные и мучные кондитерские изделия, прочая молочная продукция, пищевые продукты в целом, а также переработанные и консервированные фрукты и овощи отмечено снижение затрат на их производство и продажу в расчете на 1 рубль произведенной продукции соответственно до 0,77, 0,82, 0,86, 0,88 и 0,94 руб., или на 15,0, 10,8, 8,5, 6,3 и 18,2%, однако эта тенденция имеет неустойчивый характер. Кроме того, следует сделать акцент на относительно небольшой разнице между стоимостью вышеуказанной произведенной продукции и затратами на ее производство и продажу, свидетельствующей о проблематичности ведения расширенного воспроизводства.

Затраты на производство и продажу круп и гранул из зерновых культур, крахмала и крахмалосодержащих продуктов, хотя и возросли за этот период соответственно на 1,6 и 1,1%, но все же продолжают оставаться ниже стоимости произведенной продукции. Затраты на производство и продажу сыра и сырных продуктов, переработанного и консервированного мяса и мясной пищевой продукции, муки из зерновых культур, продуктов мукомольной и крупяной промышленности превышают стоимость произведенной продукции соответственно на 58,7, 34,2, 18,2, 9,4%, причем динамика их изменения также неустойчива.

Далее проанализируем в динамике сальдированный финансовый результат (прибыль) организаций и рентабельность проданной продукции пищевой промышленности по данным таблицы 9.

**Таблица 9. Сальдированный финансовый результат (прибыль) организаций и рентабельность проданной продукции пищевой промышленности в Орловской области**

Показатели	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2020 г. в % к 2018 г.
Сальдированный финансовый результат (прибыль) организаций пищевой промышленности (в фактически действовавших ценах; млн руб.)	2304,0	2578,0	2663,3	115,6
Рентабельность проданной пищевой продукции, %	5,7	3,6	14,0	+8,3 п.п.

Источник: по данным Орелстата [8, с. 133, 141].

Наблюдается тенденция роста сальдированного финансового результата (прибыль минус убыток) организаций отрасли пищевой промышленности в Орловской области, который в 2020 г. составил 359,3 млн руб., что на 15,6% превысило значение 2018 г. Рентабельность проданной пищевой продукции, произведенной в регионе, постепенно увеличивается, а именно на 8,3 п.п., но ее уровень продолжает оставаться недостаточным для ведения расширенного производства.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о необходимости в стратегическом плане оптимизации затрат на производство и продажу продукции пищевой и перерабатывающей промышленности в Орловской области, так как рост цены ее реализации в глобальном смысле нецелесообразен, ведь речь идет о продукции, зачастую удовлетворяющей первоочередные потребности населения в продуктах питания.

Стратегическим направлением развития пищевой и перерабатывающей промышленности следует считать ее кластеризацию. В настоящее время процесс кластеризации охватывает многие отрасли промышленного сектора, при этом целый ряд образованных кластерных структур уже дал весомый синергетический эффект за счет объединения усилий смежных отраслей производственной сферы [16, с. 84].

Кластерное развитие пищевой и перерабатывающей промышленности должно быть направлено на увеличение объемов производимой субъектами отрасли продукции необходимого качества за счет кооперации участников кластера и создания требуемой

для этого производственной инфраструктуры. Реализуемая таким образом органами региональной власти стратегия развития отрасли на основе создания кластеров должна обеспечить не только рост объемов и снижение себестоимости производства продукции за счет сокращения организационных и логистических издержек, но и эффективное ее продвижение до конечного потребителя. Таким образом, участники создаваемых кластеров пищевой и перерабатывающей промышленности получают определенные конкурентные преимущества, позволяющие им успешно развиваться на рынке.

Результаты проведенного SWOT-анализа целесообразности формирования кластера в пищевой и перерабатывающей промышленности Орловской области отражены в таблице 10.

**Таблица 10. SWOT-анализ целесообразности формирования кластера в пищевой и перерабатывающей промышленности Орловской области**

<b>Сильные стороны</b>	<b>Слабые стороны</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- повышение внимания к сфере АПК со стороны руководства региона;</li> <li>- повышение роли АПК в валовом региональном продукте региона;</li> <li>- достаточное количество земель сельскохозяйственного назначения, а также наличие необходимых мощностей для переработки сельскохозяйственной продукции и производства продуктов питания;</li> <li>- транспортно-географическое положение для реализации транзитных функций;</li> <li>- наличие в регионе аграрного ВУЗа, обеспечивающего высокий уровень подготовки кадров, переподготовки, повышения квалификации действующих специалистов;</li> <li>- привлечение финансовых ресурсов по федеральным программам поддержки малого и среднего бизнеса;</li> <li>- участие в различных мероприятиях, позволяющих повысить имидж отраслей АПК региона (День поля, Золотая осень и др.);</li> <li>- возможность размещения производств в особой экономической зоне промышленно-производственного типа «Орел»</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- недостаточный уровень самообеспеченности молоком, мясом скота и птицы собственного производства;</li> <li>- высокий уровень конкуренции с импортной продукцией и сложность сбыта, в том числе существенные барьеры для выхода на федеральные торговые сети;</li> <li>- несбалансированное соотношение качества, объема производства и потребности экономики региона и прилегающих территорий в сельхозпродукции;</li> <li>- информационно-коммуникационная разобщенность участников агропромышленного комплекса, низкая активность существующих ассоциаций и коопераций в развитии отраслевых направлений;</li> <li>- нестабильность качества сырья и низкий удельный вес сырья высшего сорта для промышленной переработки;</li> <li>- физический и моральный износ основных фондов перерабатывающих заводов, часть которых не соответствует современным требованиям по энергоэффективности и экологии;</li> <li>- значительное количество образующихся отходов и выбросов</li> </ul>
<b>Возможности</b>	<b>Угрозы</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- рост инвестиций в экономику региона за счет повышения его инвестиционной привлекательности;</li> <li>- использование современных цифровых технологий в сфере АПК региона;</li> <li>- разработка принципиально новых технологий и оборудования, обеспечивающих глубокую, комплексную, энерго- и ресурсосберегающую переработку сельскохозяйственного сырья для создания экологически безопасного производства социально значимых пищевых и кормовых продуктов с различными функциональными свойствами;</li> <li>- разработка системы мониторинга, управления, контроля, отслеживания безопасности и качества сырья и готовых продуктов на всех этапах, включая производство, хранение, транспортировку и реализацию;</li> <li>- использование в качестве вторичного сырья отходов основного производства продуктов промышленной переработки;</li> <li>- привлечение новых участников кластера и поиск новых точек взаимодействия для повышения инвестиционной привлекательности и обеспечения конкурентоспособности</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- снижение конкурентоспособности и рост себестоимости выпускаемой продукции кластера в связи с высокой степенью зависимости от поставок сырья из-за пределов региона;</li> <li>- усиление конкуренции между участниками внутреннего агропродовольственного рынка;</li> <li>- отток специалистов, выпускников ВУЗов и СУЗов в другие регионы и отрасли ввиду тяжелых условий труда и невысокой заработной платы, старение кадров;</li> <li>- распространение болезней сельскохозяйственных растений и животных;</li> <li>- потери урожая вследствие различных факторов;</li> <li>- низкие темпы цифровизации региона и ограниченность бюджета для цифровой трансформации;</li> <li>- снижение маржинальности бизнеса;</li> <li>- снижение финансовой поддержки</li> </ul>

Источник: составлено авторами.



Указанные слабые стороны и угрозы, представленные в таблице 10, следует считать проблемными аспектами развития пищевой и перерабатывающей промышленности региона.

Отрасли пищевой и перерабатывающей промышленности могут развиваться как наиболее распространенным путем образования агрохолдингов, так и путем развития производственной и потребительской кооперации [1, с. 33]. Основным направлением в создании кластеров пищевой и перерабатывающей промышленности в регионах Российской Федерации может стать объединение усилий и формирование интеграционных и кооперативных связей между организациями сельского хозяйства и пищевой промышленности, а также создание новых логистических структур, способствующих активному продвижению конечной продукции, при этом для участников кластера станет более доступным внедрение инноваций.

Пищевая и перерабатывающая промышленность Орловской области и России в целом характеризуется достаточно ресурсоемким производством, часть которого не соответствует современным требованиям по энергоэффективности, а также экологичности вследствие значительного количества образующихся отходов и выбросов, наносящих существенный экологический ущерб. Стратегическое развитие пищевой и перерабатывающей промышленности целесообразно осуществлять в направлении экологизации, причем современная экологизация производства должна опираться на инновационные преобразования, в т. ч. внедрение современных технологий.

Назрела необходимость технического перевооружения данной отрасли и ее перехода на инновационный уклад, однако, существует ряд проблем, связанных с внедрением новых технологий, высоким уровнем рисков, что снижает инвестиционную привлекательность данной сферы [13, с. 50]. Инвестиции в пищевую и перерабатывающую промышленность необходимы для разработки и внедрения инновационных производств, позволяющих обеспечить повышение качества продуктов питания собственного производства [5, с. 244].

Для снижения потерь на пищевых и перерабатывающих предприятиях АПК следует повышать уровень первичной обработки сельскохозяйственного сырья перед дальнейшей глубокой переработкой; внедрять технологии замкнутого или полного цикла, позволяющие минимизировать отходы и различные виды загрязнений; обеспечить устойчивость инфраструктурных объектов, связанных с транспортировкой и хранением как сырья, так и готовой продукции [12, с. 146–147].

На практике всегда можно проследить четкую зависимость эффективности и конкурентоспособности всей технологической цепи там, где перерабатывающее предприятие целенаправленно управляет развитием сырьевой зоны [9, с. 79]. Особый акцент должен быть сделан на развитие сырьевой базы мясной и молочной промышленности (увеличение поголовья КРС и дойных коров), возрождение отечественного семеноводства, наращивание объемов производства фруктово-ягодной продукции и овощей защищенного грунта [7, с. 90], при этом выявленные проблемы могут быть решены в среднесрочной (5–7 лет) перспективе.

Следует учитывать, что в настоящее время комплексное применение информационных технологий определяет цифровую концепцию перерабатывающего производства – интеграцию производственных процессов с интернет-технологиями и значительное сокращение времени на изготовление новой продукции, что увеличивает экспортный потенциал с сохранением продовольственной безопасности РФ [11, с. 157]. При этом одним из ключевых условий расширения экспортных возможностей отраслей пищевой и перерабатывающей промышленности является повышение их конкурентоспособности как на внутреннем, так и на внешнем рынках [14, с. 33].

Отметим, что отдельные цифровые преобразования в отрасли начались всего лишь несколько лет назад, тогда как максимального эффекта можно достичь в результате внедрения и реализации инвестиций в полную цифровизацию, так как частичная не позволит достичь желаемого эффекта и при определенных условиях может быть невыгодной, поэтому цифровизацию хозяйствующих субъектов рекомендуется проводить комплексно, а при недостатке финансовых средств точно [3, с. 31].

На рост объемов производства продукции пищевой и перерабатывающей промышленности положительное воздействие оказывает государственная поддержка, в том числе выраженная в субсидировании краткосрочного кредитования конкретных организаций [2, с. 83]. В этой связи целесообразно более эффективно задействовать в своей практике реализацию этого экономического рычага управления как со стороны органов государственной власти, так и со стороны самих организаций в направлении своевременного оформления и предоставления необходимого пакета документов в рамках различных программ поддержки.

Проведенное исследование подтверждает целесообразность активизации усилий региональных органов власти в направлении модернизации и совершенствования развития пищевой и перерабатывающей промышленности, а также топ-менеджмента организаций по принятию и реализации управленческих решений, ориентированных на дальнейший рост рентабельности производства пищевых продуктов, причем более быстрыми темпами для обеспечения расширенного воспроизводства отрасли.

---

#### **Список источников**

1. Ахметов В.Я. Пищевая и перерабатывающая промышленность Зауралья Республики Башкортостан: современное состояние, проблемы и перспективы развития // Экономика и бизнес: теория и практика. 2021. № 3-1(73). С. 31–34. DOI: 10.24412/2411-0450-2021-3-1-31-34.
2. Водясов П.В., Миненко А.В., Хорунжин М.Г., Селиверстов М.В. Взаимосвязь развития и государственного регулирования пищевой и перерабатывающей промышленности Алтайского Края // АПК: Экономика, управление. 2022. № 3. С. 83–91. DOI: 10.33305/223-83.
3. Гриценко Г.М., Черняков М.К., Чернякова М.М., Чернякова И.А., Громов С.С. Индекс цифровизации организаций пищевой промышленности // Пищевая промышленность. 2021. № 3. С. 31–35. DOI: 10.24412/0235-2486-2021-3-0025.
4. Грудкина Т.И. Конкурентоспособность субъектов молочного агробизнеса: оценка, стратегия повышения // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2018. № 10(43). С. 95–102.
5. Ермолаева Г.С. Развитие пищевых и перерабатывающих производств региона: предпосылки и направления // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2022. № 2(93). С. 241–251. DOI: 10.21295/2223-5639-2022-2-241-251.
6. Клопова А.В., Скрипин П.В. Анализ состояния пищевой и перерабатывающей промышленности Ростовской области // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2021. № 3(41). С. 91–96.
7. Носов В.В., Чернегов Н.Ю. Технологическая модернизация пищевой и перерабатывающей промышленности в аспекте обеспечения продовольственной безопасности России // Modern Science. 2020. № 2-1. С. 82–91.

8. Орловская область. 2010, 2015, 2018–2020: краткий статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Орловской области. Орел, 2021. 190 с.
9. Пилипук А.В., Кондратенко С.А. Современные аспекты и механизмы обеспечения устойчивого стратегического развития отраслей пищевой и перерабатывающей промышленности в мире и в Республике Беларусь // Белорусский экономический журнал. 2020. № 2(91). С. 79–95. DOI: 10.46782/1818-4510-2020-2-79-95.
10. Предпринимательство: официальный сайт территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Орловской области [Электронный ресурс]. URL: <https://orel.gks.ru/predpr> (дата обращения: 16.01.2022).
11. Пушко В.А., Соловьёв С.А., Бойко И.Г. Инновационная цифровая модель оптимизации энергоемких динамических процессов в пищевой и перерабатывающей промышленности // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 4 (90). С. 156–159. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-90-4-156-159.
12. Романов А.В. Основные направления снижения продовольственных потерь в пищевой и перерабатывающей промышленности АПК // Наука и бизнес: пути развития. 2020. № 5(107). С. 145–147.
13. Сердюкова Л.О., Колотырин К.П., Романов А.В. Инструмент минимизации рисков при внедрении наилучших доступных технологий в пищевой и перерабатывающей промышленности // Инновационная деятельность. 2021. № 3(58). С. 50–60.
14. Трифонова Е.Н. Повышение конкурентоспособности пищевой и перерабатывающей промышленности как условие расширения экспортных возможностей отрасли // Экономика сельского хозяйства России. 2021. № 4. С. 33–39. DOI: 10.32651/214-33.
15. Трифонова Е.Н. Учет современных тенденций потребления как фактор повышения конкурентоспособности пищевой промышленности России // Региональные агросистемы: экономика и социология. 2020. № 3. С. 41–50.
16. Тяглов С.Г., Жуков А.Н. Развитие пищевой и перерабатывающей промышленности в малых городах российских регионов // Международный журнал экономики и образования. 2021. Т. 7, № 1. С. 78–88.
17. Эффективность экономики России [Электронный ресурс] // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11186> (дата обращения: 16.02.2022).

## References

1. Akhmetov V.Ya. Pishchevaya i pererabatyvayushchaya promyshlennost' Zaural'ya Respubliki Bashkortostan: sovremennoe sostoyanie, problemy i perspektivy razvitiya [Food and processing industry of the Trans-Urals Region of the Republic of Bashkortostan: current state, problems and prospects of development]. *Ekonomika i biznes: teoriya i praktika = Economy and business: theory and practice*. 2021;3-1(73):31-34. DOI: 10.24412/2411-0450-2021-3-1-31-34. (In Russ.).
2. Vodiasov P.V., Minenko A.V., Khorunzhin M.G., Seliverstov M.V. Vzaimosvyaz' razvitiya i gosudarstvennogo regulirovaniya pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti Altajskogo Kraja [Relationship between the development and state regulation of the food and processing industry of the Altai Territory] *APK: ekonomika, upravlenie = AIC: economics, management*. 2022;3:83-91. DOI: 10.33305/223-83. (In Russ.).
3. Gritsenko G.M., Chernyakov M.K., Chernyakova M.M., Chernyakova I.A., Gromov S.S. Indeks tsifrovizatsii organizacij pishchevoj promyshlennosti [Index of digitalization of food industry organizations]. *Pishchevaya promyshlennost' = Food Industry*. 2021;3:31-35. DOI: 10.24412/0235-2486-2021-3-0025. (In Russ.).
4. Grudkina T.I. Konkurentosposobnost' sub'ektov molochnogo agrobiznesa: otsenka, strategiya povysheniya [Competitiveness of entities of dairy agribusiness: assessment, strategy for its increase]. *Ekonomika, trud, upravlenie v sel'skom khozyajstve = Economics, labor, management in agriculture*. 2018;10(43):95-102. (In Russ.).
5. Ermolaeva G.S. Razvitie pishchevykh i pererabatyvayushchikh proizvodstv regiona: predposylki i napravleniya [Development of food and processing industries of the region: background and directions]. *Vestnik Belgorodskogo universiteta kooperatsii, ekonomiki i prava = Herald of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law*. 2022;2(93):241-251. DOI: 10.21295/2223-5639-2022-2-241-251. (In Russ.).
6. Klopova A.V., Skripin P.V. Analiz sostoyaniya pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti Rostovskoj oblasti [Analysis of the state of the food and processing industry of the Rostov region]. *Vestnik Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Don State Agrarian University*. 2021;3(41):91-96. (In Russ.).
7. Nosov V.V., Chernegov N.Yu. Tekhnologicheskaya modernizatsiya pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti v aspekte obespecheniya prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossii [Technological modernization of the food and processing industry in terms of food security in Russia]. *Modern Science = Modern Science*. 2020;2-1:82-91. (In Russ.).
8. Orlovskaya oblast'. 2010, 2015, 2018–2020: kratkij statisticheskij sbornik [Orel Region. 2010, 2015, 2018-2020: Statistical Digest]. Territorial'nyj organ Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Orlovskoj oblasti [Territorial body of the Federal State Statistics Service for Orel Oblast]. Orel; 2021. 190 p.
9. Pilipuk A.V., Kondratenko S.A. Sovremennye aspekty i mekhanizmy obespecheniya ustojchivogo strategicheskogo razvitiya otraslej pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti v mire i v Respublike Belarus' [Modern aspects and mechanisms for ensuring sustainable strategic development of food and processing industries in the world and in the Republic of Belarus]. *Belorusskij ekonomicheskij zhurnal = Belarusian Economic Journal*. 2020;2(91):79-95. DOI: 10.46782/1818-4510-2020-2-79-95. (In Russ.).

10. Predprinimatel'stvo: oficial'nyj sajt territorial'nogo organa Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Orlovskoj oblast [Entrepreneurship: official website of the territorial body of the Federal State Statistics Service for the Orel region]. URL: <https://orel.gks.ru/predpr>. (In Russ.).

11. Pushko V.A., Solovyov S.A., Boyko I.G. Innovacionnaya cifrovaya model' optimizacii energoemkih dinamičeskikh processov v pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti [An innovative digital model of energy-intensive dynamic processes optimization in the food and processing industry]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021;4(90):156-159. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-90-4-156-159. (In Russ.).

12. Romanov A.V. Osnovnye napravleniya snizheniya prodovol'stvennyh poter' v pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti APK [Main directions for reducing food losses in the food and processing industry of the Agro-Industrial Complex]. *Nauka i biznes: puti razvitiya = Science and Business: Development Ways*. 2020;5(107):145-147. (In Russ.).

13. Serdyukova L.O., Kolotyryn K.P., Romanov A.V. Instrument minimizatsii riskov pri vnedrenii nailuchshikh dostupnykh tekhnologij v pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti [Instruments of risks minimization at implementation of the best available technologies in food and processing industry]. *Innovacionnaya deyatelnost' = Innovation activity*. 2021;3(58):50-60. (In Russ.).

14. Trifonova E.N. Povyshenie konkurentosposobnosti pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti kak uslovie rasshireniya eksportnykh vozmozhnostej otrasli [Improving the competitiveness of the food and processing industry as a condition for expanding the export opportunities of the industry]. *Ekonomika sel'skogo khozyajstva Rossii = Economics of Agriculture of Russia*. 2021;(4):33-39. DOI: 10.32651/214-33. (In Russ.).

15. Trifonova E.N. Uchet sovremennykh tendentsij potrebleniya kak faktor povysheniya konkurentosposobnosti pishchevoj promyshlennosti Rossii [Accounting modern consumption trends as a factor of improving food industry competitiveness in Russia]. *Regional'nye agrosistemy: ekonomika i sotsiologiya = Regional agrosystems: economics and sociology*. 2020;(3):41-50. (In Russ.).

16. Tyaglov S.G., Zhukov A.N. Razvitie pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti v malyh gorodah rossijskikh regionov [The development of food and processing industry in small towns of Russian regions]. *Mezhdunarodnyj zhurnal ekonomiki i obrazovaniya = International Journal of Economics and Education*. 2021;7(1):78-88. (In Russ.).

17. Effektivnost' ekonomiki Rossii [Mezhdunarodnyj zhurnal ekonomiki i obrazovaniya]. Oficial'nyj sajt Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki [Official website of the Federal State Statistics]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11186>.

### **Информация об авторах**

Е.И. Ловчикова – кандидат экономических наук, доцент, зав. кафедрой «Экономика и менеджмент в АПК» ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», [elovchikova@rambler.ru](mailto:elovchikova@rambler.ru).

Т.И. Грудкина – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика и менеджмент в АПК» ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», [t\\_grudkina@mail.ru](mailto:t_grudkina@mail.ru).

Г.П. Зверева – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика и менеджмент в АПК» ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», [zverevag@mail.ru](mailto:zverevag@mail.ru).

А.С. Волченкова – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика и менеджмент в АПК» ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», [a-erinskaya@yandex.ru](mailto:a-erinskaya@yandex.ru).

### **Information about the authors**

E.I. Lovchikova, Candidate of Economic Sciences, Docent, Head of the Dept. of Economics and Management in the AIC, Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, [elovchikova@rambler.ru](mailto:elovchikova@rambler.ru).

T.I. Grudkina, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Economics and Management in the AIC, Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, [t\\_grudkina@mail.ru](mailto:t_grudkina@mail.ru).

G.P. Zvereva, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Economics and Management in the AIC, Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, [zverevag@mail.ru](mailto:zverevag@mail.ru).

A.S. Volchenkova, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Economics and Management in the AIC, Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, [a-erinskaya@yandex.ru](mailto:a-erinskaya@yandex.ru).

**Статья поступила в редакцию 26.04.2022; одобрена после рецензирования 07.06.2022; принята к публикации 21.06.2022.**

**The article was submitted 26.04.2022; approved after revision 07.06.2022; accepted for publication 21.06.2022.**

© Ловчикова Е.И., Грудкина Т.И., Зверева Г.П., Волченкова А.С., 2022

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НАРОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ  
(ПО ОТРАСЛЯМ И СФЕРАМ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ)  
(ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья  
УДК 332.12: 330.44  
DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2022\_1\_172

**Регулирование затрат и формирование себестоимости продукции растениеводства с использованием экономико-математических методов**

**Владимир Алексеевич Солопов<sup>1✉</sup>, Ольга Юрьевна Анциферова<sup>2</sup>,  
Валерий Викторович Акиндинов<sup>3</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup>Мичуринский государственный аграрный университет, Мичуринск, Россия  
<sup>1</sup>solopov@mgau.ru✉

**Аннотация.** Рассматриваются теоретические и практические аспекты регулирования затрат и формирования себестоимости продукции растениеводства с использованием экономико-математических методов. Уточнено экономическое содержание понятия себестоимости продукции растениеводства как важнейшего инструмента планирования и управления эффективностью хозяйственной деятельности. Обоснована роль анализа, регулирования и прогнозирования себестоимости растениеводческой продукции для принятия обоснованных управленческих решений, направленных на достижение поставленных организацией целей и задач. Показано, что рост производственных затрат, снижение финансового результата в сельскохозяйственных организациях указывают на отсутствие четкой и определенной стратегии развития, острую нехватку достоверной управленческой информации, а также недостаточность знаний и опыта в вопросах управления затратами. Определены место и роль ЭММ в процессе производства продукции растениеводства, проанализирована себестоимость 1 ц продукции зерна в СХПК «Родина» (типичном сельхозпредприятии Тамбовской области), выявлено, что ее динамика имеет постоянную волнообразную тенденцию роста, что в большей степени можно объяснить непрерывными инфляционными процессами, обуславливающими ежегодное увеличение производственных затрат. Обоснованы практические аспекты применения ЭММ по оптимальной производственно-отраслевой структуре, позволяющей эффективно использовать имеющиеся ресурсы, принимать грамотные управленческие решения по снабженческой, производственной и сбытовой деятельности сельскохозяйственной организации, определять сбалансированность затраченных ресурсов, а также регулировать материально-денежные затраты и достигать максимального финансового результата не только по отрасли растениеводства, но и по сельскохозяйственному производству в целом. За счет реализации предложенных мероприятий становится возможным повысить эффективность деятельности предприятия, планировать объем производства продукции, производительность труда, показатели рентабельности и др.

**Ключевые слова:** себестоимость, растениеводство, затраты, урожайность, экономико-математическая модель, финансовые результаты, эффективность

**Для цитирования:** Солопов В.А., Анциферова О.Ю., Акиндинов В.В. Регулирование затрат и формирование себестоимости продукции растениеводства с использованием экономико-математических методов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 2(73). С. 172–179. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_2\\_172-179](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_172-179).

ECONOMICS AND MANAGEMENT OF THE NATIONAL ECONOMY  
(BY BRANCHES AND FIELDS OF ACTIVITY)  
(ECONOMIC SCIENCES)

Original article

**Regulation of expenses and prime cost determination of crop production using economic and mathematical methods**

**Vladimir A. Solopov<sup>1✉</sup>, Olga Yu. Antsiferova<sup>2</sup>, Valeriy V. Akindinov<sup>3</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup>Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia  
<sup>1</sup>solopov@mgau.ru✉

**Abstract.** The authors discuss theoretical and practical aspects of cost regulation and formation of crop production cost using economic and mathematical methods; consider economic content of the concept of crop production cost as the most important tool for planning and managing the efficiency of economic activity; substantiate the role of analysis, regulation and forecasting of crop production cost for making informed management decisions aimed at achieving the goals and objectives set by the organization; define that the growth of production costs, a decrease in financial results in agricultural organizations indicate the lack of a clear and defined development strategy, an acute shortage of reliable management information, as well as a lack of knowledge and experience in

cost management; determine the place and role of EMM in the process of crop production, analyse the cost of 1 kg of grain production in the Rodina integrated agricultural production complex (typical agricultural enterprise of Tambov Oblast); reveal that its dynamics has a constant wave-like growth trend, which can be explained to a greater extent by continuous inflationary processes that cause an annual increase in production costs. Practical aspects of the application of EMM for the optimal production and industry structure are substantiated, which allows efficient use of available resources, making competent management decisions on the supply, production and marketing activities of an agricultural organization, determining the balance of resources spent, as well as regulating material and monetary costs and achieving maximum financial results not only in crop industry, but also in agricultural production as a whole. Due to the implementation of the proposed measures, it becomes possible to increase the efficiency of the enterprise's activities, plan the volume of production, productivity of labor, profitability indicators, etc.

**Keywords:** prime cost, crop production, cost expenses, crop yield, economic and mathematical model, financial results, efficiency

**For citation:** Solopov V.A., Antsiferova O.Yu., Akindinov V.V. Regulation of expenses and prime cost determination of crop production using economic and mathematical methods. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(2):172-179. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_1\\_172-179](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_1_172-179).

Современная сельскохозяйственная организация представляет собой сложную производственную систему, управление которой требует тщательного комплексного и системного подхода. На сегодняшний день существуют многообразные стратегии управления сельскохозяйственными организациями. Среди них наиболее важная роль принадлежит стратегии оперативного регулирования затрат и формирования себестоимости конечной сельскохозяйственной продукции. Это обусловлено тем, что получение определенной суммы прибыли сельскохозяйственными организациями напрямую зависит от затрат на производство, величины которых влияют на себестоимость готовой продукции и рыночную цену реализации.

В нестабильной рыночной среде увеличение производственных затрат, снижение показателей рентабельности в динамике за несколько периодов свидетельствуют об отсутствии четкой и определенной стратегии развития организации, нехватке достоверной управленческой информации, ограниченности знаний и опыта в части регулирования затрат и формирования себестоимости.

Современная аграрная экономика характеризуется тем, что стоимость готовой продукции устанавливает рынок, поэтому в конкурентной рыночной борьбе наибольшую прибыль получают производители, предлагающие продукцию лучшего качества по низкой цене. Этим обусловлено то, что ключевым фактором успешного развития сельскохозяйственной организации выступает формирование эффективной системы управления затратами на основе действенных методов и с помощью экономических инструментов [3, 4, 8].

Одним из таких методов является экономико-математическое моделирование. На сегодняшний день метод экономико-математического моделирования выступает важнейшей составляющей многих научных исследований и позволяет анализировать и прогнозировать экономические процессы аграрной сферы, в том числе и процессы регулирования затрат и формирования себестоимости продукции растениеводства.

Себестоимость сельскохозяйственной продукции, в том числе продукции растениеводства, как особая экономическая категория обобщает всю производственную деятельность организации (в том числе аппарата управления), раскрывая результаты использования всех имеющихся трудовых, материальных и финансовых ресурсов.

Сельскохозяйственная организация стремится оптимизировать себестоимость продукции растениеводства и определить факторы, эффективно влияющие на ее величину на основе использования достоверной аналитической информации, обеспечивающей успешное функционирование в обозримом будущем.

Степень достоверности аналитической информации выступает базисом для реализации управленческих решений в отношении затрат на производство продукции растениеводства. Для управления себестоимостью продукции растениеводства необходим подход, позволяющий более точно определять величину затрат, понять особенности

формирования себестоимости и пути ее оптимизации. Эту информацию можно получить, применяя инструменты экономико-математического моделирования.

Наибольшее значение приобретают методы математического моделирования, позволяющие не только осуществлять эффективное регулирование затрат, оптимизировать себестоимость произведенной продукции, но и определять факторы, влияющие на ее величину. Необходима разработка и обоснование особой модели, заключающейся в определении оптимальных размеров материальных затрат, затрат труда и ресурсов с целью получения максимального финансового результата (прибыли).

Аспекты, которым посвящена данная работа, отражают целесообразность использования методов экономико-математического моделирования при прогнозировании и формировании как себестоимости продукции, так производственных затрат и результатов в целом по предприятию.

В соответствии с этим в работе рассматриваются следующие вопросы:

- динамика себестоимости продукции растениеводства в сельскохозяйственной организации;
- место и роль экономико-математического моделирования в производственном процессе;
- особенности экономико-математических моделей производственных процессов на основе линейного программирования;
- практические аспекты применения экономико-математической модели по оптимальной производственно-отраслевой структуре.

Цель работы состоит в разработке направлений развития и методического обеспечения процессов регулирования затрат и формирования себестоимости продукции растениеводства и применения экономико-математической модели по оптимальной отраслевой структуре, позволяющей эффективно использовать имеющиеся ресурсы, принимать грамотные управленческие решения по снабженческой, производственной и сбытовой деятельности сельскохозяйственной организации и достигать максимального финансового результата.

При проведении исследования использовались методы: абстрактно-логический, экономико-статистический, сравнительного и системного анализа, а также экономико-математического моделирования.

В качестве объекта исследования нами было выбрано типичное сельскохозяйственное предприятие средних размеров – СХПК «Родина» Мичуринского района Тамбовской области.

#### **Результаты и их обсуждение**

Снижение себестоимости зависит от целого ряда факторов, которые можно разделить на внутренние, непосредственно зависящие от предприятия, и внешние, не зависящие от него. Внешние факторы – это инфляция, рост тарифов и цен на сырье, топливо. Внутренние факторы лежат в основе мероприятий, направленных на более полное и экономное расходование материальных, трудовых и денежных ресурсов предприятия (внедрение передовой технологии, оптимальная организация труда и управление и др.).

Проведенный анализ функционирования отрасли растениеводства однотипных сельскохозяйственных предприятий Тамбовской области показал следующие значения удельного веса затрат в структуре себестоимости 1 ц продукции: затраты на основные средства – 14–22%, семена – 11–14, минеральные удобрения – 12–14, средства защиты растений – 11–14% [1, 6].

Анализ себестоимости 1 ц продукции зерна в СХПК «Родина» (типичном сельхозпредприятии Тамбовской области) позволяет сделать вывод, что ее динамика имеет постоянную волнообразную тенденцию роста (рис. 1), что в большей степени можно объяснить непрерывными инфляционными процессами, обуславливающими ежегодное увеличение производственных затрат.

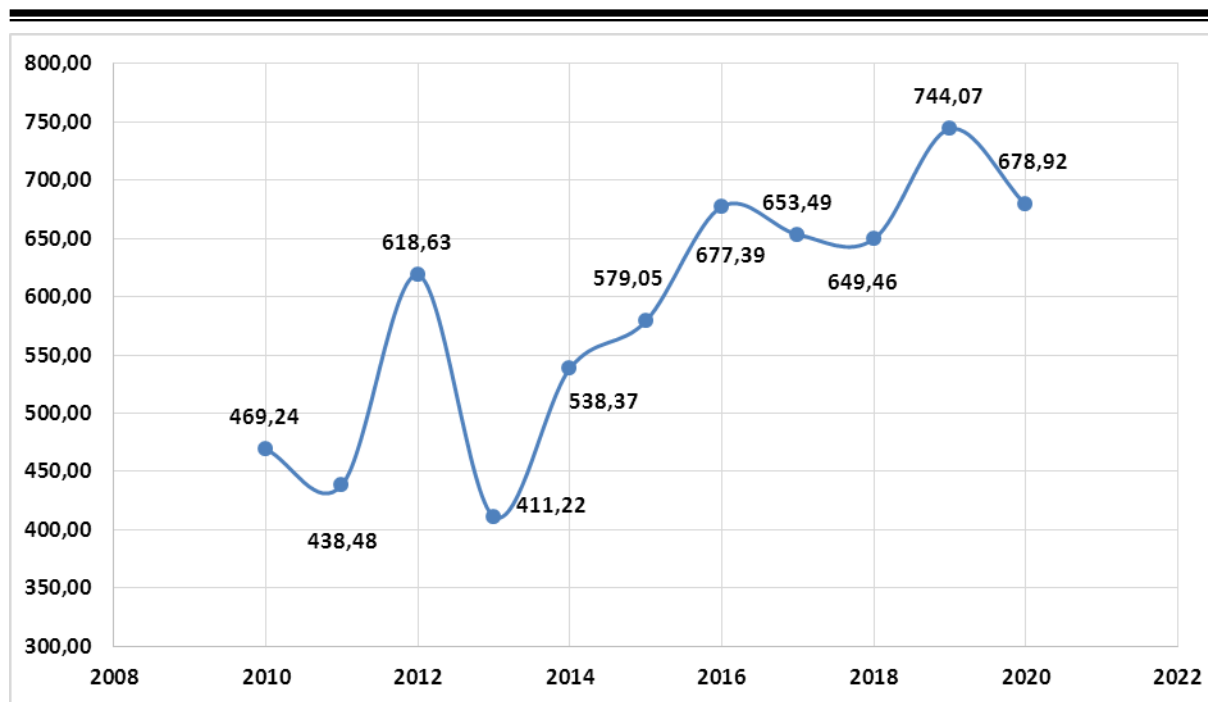


Рис. 1. Динамика себестоимости 1 ц продукции зерна в СХПК «Родина», руб.

Исследования показали, что главным средством регулирования издержек растениеводческой продукции является грамотный подбор инструментов управления, включающих комплексные средства упорядочения и приспособления информации для решения поставленной задачи по увеличению объемов производства продукции растениеводства при минимизации затрат в рамках сложившейся реальной рыночной конъюнктуры, ресурсных и иных ограничений [2].

Данные маркетингового анализа стоимости минеральных удобрений и средств защиты растений единой межведомственной информационно-статистической системы за три года выявили рост цен на ресурсы по отрасли растениеводства в октябре и ноябре. Как правило, сельхозпроизводители стараются закупить оборотные средства сразу после уборочных работ. В результате наблюдается рост спроса при одновременном увеличении цен на сырье и материалы [9, 10]. Поэтому считаем целесообразным закупать минеральные удобрения не сразу после уборки урожая и осенних работ, а в летние месяцы, так как в этот период цены минимальны, и затраты могут быть уменьшены на 15%.

В системе экономического регулирования затрат на производство продукции растениеводства особую роль играет экономико-математическое моделирование, которое позволяет определять сбалансированность затраченных ресурсов и получать при этом максимальную выгоду [7].

Наряду с классическими методами управления производственной деятельностью в сельском хозяйстве инструменты экономико-математического моделирования на основе линейного программирования позволяют достаточно точно прогнозировать развитие отрасли с учетом фактических условий хозяйствования, наличия производственных ресурсов, приоритетных направлений деятельности [1, 5].

Отметим, что такие модели были известны еще несколько десятилетий назад, но их применение было затруднено вследствие применения достаточно громоздкого ручного способа расчета.

С развитием информационных технологий использование в процессе производства методов экономико-математического моделирования стало значительно проще.



Так, на основе сбалансирования имеющихся ресурсов у предприятия, а также для минимизирования издержек на производство предлагается использовать экономико-математическую модель по производственно-отраслевой структуре, задача которой заключается в нахождении оптимальных ограничений (площади отдельных культур, затрат труда, материальных затрат и т.д.) с целью получения максимальной экономической выгоды.

Экономико-математическая модель по оптимальной производственно-отраслевой структуре СХПК «Родина» показана на рисунке 2.

D23													
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
ОГРАНИЧЕНИЯ	x1 - оз. пшеница	x2-оз. рожь	x4 - яр. пшеница	x5-ячмень	x5-кукуруза	x6-горох	x7-гречиха	x8-овес	x9- подсолнечник	x10 пар	ТИП И РАЗМЕР ОГРАНИЧЕНИЯ		ПЛАН
1 ПАШНЯ, ГА	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	≤	5875	0
3 ТРУДОВЫЕ РЕСУРСЫ, ЧЕЛ.-ЧАС.	29	29	25	25	22	25	28	23	28		≤	140000	0
4 ГАРАНТИРОВАННОЕ ПРОИЗВОДСТВО, Ц/ озимая пшеница	55										≥	90000	0
5 озимая рожь		50									≥	5000	0
6 яровая пшеница			50								≥	10000	0
7 ячмень				50							≥	60000	0
8 кукуруза					120						≥	40000	0
9 горох						39					≥	3000	0
10 гречиха							30				≥	500	0
11 овес								54			≥	2000	0
12 подсолнечник									28		≥	11000	0
13 ПЛОЩАДЬ ЗЕРНОВЫХ Max(80%), ГА	1	1	1	1	1	1	1	1			≤	4700	0
14 ПЛОЩАДЬ ОЗИМЫХ ЗЕРНОВЫХ В ГРУППЕ ЗЕРНОВЫХ Min(50%), ГА	1	1									≤	2350	0
15 ПЛОЩАДЬ ПОДСОЛНЕЧНИКА Max(20%), ГА									1		≤	1175	0
16 ПЛОЩАДЬ ПОДСОЛНЕЧНИКА Min(12%), ГА									1		≥	705	0
17 ПАР Min(10%)ГА										1	≥	587,5	0
18 ПАР Max(15%)ГА										1	≤	881,25	0
19 Производственные затраты на 1 га, тыс. руб.	46000	45000	30000	30000	46800	36300	39000	27000	39200				
20 ВЫРУЧКА НА 1 ГА,РУБ	68750	62500	62500	60000	144000	46800	45000	32400	84000	0			
21 ПЛАН ГА	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
22 Всего затрат,тыс. руб.	0												
23 Выручка, тыс. руб.	0												
24 Ожидаемая прибыль, тыс.руб.	0												
25 Уровень рентабельности, %	#ДЕЛ/0!												

Рис. 2. Экономико-математическая модель по оптимальной производственно-отраслевой структуре СХПК «Родина»

Найдем решение предложенной выше модели на ЭВМ с помощью «Поиска решения» в среде EXCEL (рис. 3).

Отметим, что полученную исходную модель по планированию производства продукции можно редактировать в ходе всего цикла производства.

На основе анализа данных рисунка 3 можно сделать вывод, что при решении задачи по оптимальной производственно-отраслевой структуре СХПК «Родина» выполняются все необходимые условия. Модель показывает оптимальную структуру посевных площадей для заданного предприятия и гарантированное производство сельскохозяйственной продукции.

Рассчитано, что при прогнозируемых уровнях урожайности и цен реализации затраты составят 169 451 тыс. руб. В случае реализации оптимального сценария СХПК «Родина» должен получить выручку в размере 316 020 тыс. руб., т.е. прибыль составит 146568,97 руб., а уровень рентабельности 86,5%.

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	ОГРАНИЧЕНИЯ	x1 - оз. пшеница	x2-оз. рожь	x4 - яр. пшеница	x5-ячмень	x5-кукуруза	x6-горох	x7-гречиха	x8-овес	x9-подсолнечник	x10 пар	ТИП И РАЗМЕР ОГРАНИЧЕНИЯ		ПЛАН
1	ПАШНЯ, ГА	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	≤	5875	4892,824
3	ТРУДОВЫЕ РЕСУРСЫ, ЧЕЛ.-ЧАС.	29	29	25	25	22	25	28	23	28		≤	140000	110669,5
4	ГАРАНТИРОВАННОЕ ПРОИЗВОДСТВО, Ц. озимая пшеница	55										≥	90000	90000
5	озимая рожь		50									≥	5000	5000
6	яровая пшеница			50								≥	10000	10000
7	ячмень				50							≥	60000	60000
8	кукуруза					120						≥	40000	40000
9	горох						39					≥	3000	3000
10	гречиха							30				≥	500	500
11	овес								54			≥	2000	2000
12	подсолнечник									28		≥	11000	19740
13	ПЛОЩАДЬ ЗЕРНОВЫХ Max(80%), ГА	1	1	1	1	1	1	1	1			≤	4700	3600,324
14	ПЛОЩАДЬ ОЗИМЫХ ЗЕРНОВЫХ В ГРУППЕ ЗЕРНОВЫХ Min(50%), ГА	1	1									≤	2350	1736,364
15	ПЛОЩАДЬ ПОДСОЛНЕЧНИКА Max(20%), ГА									1		≤	1175	705
16	ПЛОЩАДЬ ПОДСОЛНЕЧНИКА Min (12%), ГА									1		≥	705	705
17	ПАР Min(10%),ГА										1	≥	587,5	587,5
18	ПАР Max(15%),ГА										1	≤	881,25	587,5
19	Производственные затраты на 1 га, тыс. руб.	46000	45000	30000	30000	46800	36300	39000	27000	39200				
20	ВЫРУЧКА НА 1 ГА,РУБ	68750	62500	62500	60000	144000	46800	45000	32400	84000	0			
21	ПЛАН ГА	1636,4	100,0	200,0	1200,0	333,3	76,9	16,7	37,0	705,0	587,5			
22	Всего затрат,тыс. руб.	169451,03												
23	Выручка, тыс. руб.	316020												
24	Ожидаемая прибыль, тыс.руб.	146568,97												
25	Уровень рентабельности, %	86,5												

**Рис. 3. Решение экономико-математической модели по оптимальной производственно-отраслевой структуре СХПК «Родина»**

На основе анализа данных рисунка 3 можно сделать вывод, что при решении задачи по оптимальной производственно-отраслевой структуре СХПК «Родина» выполняются все необходимые условия. Модель показывает оптимальную структуру посевных площадей для заданного предприятия и гарантированное производство сельскохозяйственной продукции. Рассчитано, что при прогнозируемых уровнях урожайности и цен реализации затраты составят 169 451 тыс. руб. В случае реализации оптимального сценария СХПК «Родина» должен получить выручку в размере 316 020 тыс. руб., т.е. прибыль составит 146568,97 руб., а уровень рентабельности 86,5%.

### Выводы

В рыночных условиях каждая сельскохозяйственная организация стремится оптимизировать производственные затраты и определить факторы, влияющие на их величину.

Устойчивое развитие отрасли растениеводства возможно при условии регулирования затрат, непосредственно влияющих на формирование себестоимости продукции, что в большей степени зависит от умения использовать аналитическую информацию для принятия оперативных, тактических и стратегических решений на основе методов экономико-математического моделирования.

Методы и инструменты экономико-математического моделирования позволяют определять сбалансированность затраченных ресурсов и получать при этом максимальную выгоду.

Для целей моделирования оптимальных затрат в процессе производства и прогнозирования результатов деятельности могут быть использованы известные экономико-математические модели, которые различаются не только степенью агрегации входящих в модель показателей, но и целями внутреннего управления производственной деятельностью. Главная задача применения таких моделей сводится к обеспечению сбалансированности использования ресурсов сельскохозяйственной организации.

Предложенная экономико-математическая модель по оптимальной производственно-отраслевой структуре позволяет

- эффективно использовать имеющиеся ресурсы,
- принимать грамотные управленческие решения по снабженческой, производственной и сбытовой деятельности сельскохозяйственной организации
- достигать максимального финансового результата не только по отрасли растениеводства, но и по сельскохозяйственному производству в целом.

#### Список источников

1. Акиндинов В.В., Лосева А.С., Курьянов А.В. Себестоимость как инструмент регулирования эффективности в растениеводстве // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020. № 4(28). С. 213–218.
2. Карамнова Н.В. Управленческое воздействие на устойчивое развитие аграрного сектора экономики // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2019. № 3(58). С. 123–127.
3. Мягкова Е.А., Осипович Е.М. Методические подходы к формированию прогнозов устойчивого развития сельского хозяйства // Современные проблемы, тенденции и перспективы социально-экономического развития: сб. статей IX Международной научно-практической конференции Института экономики и управления Сургутского ГУ (Сургут, 12 ноября 2019 г.). Сургут: Издательский центр СурГУ, 2020. С. 330–334.
4. Мягкова Е.А., Осипович Е.М., Селянко Д.В. Методические подходы к формированию прогнозов устойчивого развития сельского хозяйства // Наука и Образование. 2020. Т. 3, № 3. С. 99.
5. Смагин Б.И. Эффективность и оптимизация функционирования аграрной сферы производства // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2019. № 4(59). С. 141–147.
6. Полова В.Б. Особенности динамики сельскохозяйственного производства в различных категориях хозяйств Тамбовской области // Актуальные проблемы и перспективы развития сельского хозяйства и сельских территорий (III Шаляпинские чтения): материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции (Мичуринск, 26 ноября 2020 г.). Мичуринск-наукоград РФ: Мичуринский государственный аграрный университет, 2020. С. 241–245.
7. Akindinov V.V., Loseva A.S., Popova V.B., Fetskovich I.V. Forecasting as method of internal control of production activities in agricultural organizations // European Proceedings of Social and Behavioural Sciences: Proceedings of the Conference on Land Economy and Rural Studies Essentials (LEASECON-2021) (Omsk, May 10–11, 2021). Omsk: European Publisher, 2022. Pp. 90–96.
8. Karamnova N.V., Belousov V.M., Zhidkov S.A. Assessing the effectiveness of the integration processes development in the Agro-Industrial Complex // European Proceedings of Social and Behavioural Sciences: Proceedings of the Conference on Land Economy and Rural Studies Essentials (LEASECON-2021) (Omsk, May 10–11, 2021). Omsk: European Publisher, 2022. Pp. 343–348.
9. Kuzicheva N.Yu., Zhidkov S.A., Karamnova N.V., Aparin A.V. Improvement of the analytical apparatus of economic evaluation of agricultural land reproduction // European Proceedings of Social and Behavioural Sciences: Proceedings of the Conference on Land Economy and Rural Studies Essentials (LEASECON-2021) (Omsk, May 10–11, 2021). Omsk: European Publisher, 2022. Pp. 362–368.
10. Nikitin A.V., Klimentova E.A., Dubovitski A.A. Impact of small business innovation activity on regional economic growth in Russia // Revista Inclusiones. 2020. Vol. 7. No. S4-3. Pp. 309–321.

#### References

1. Akindinov V. V., Loseva A.S., Kuryanov A.V. Sebestoimost' kak instrument regulirovaniya effektivnosti v rastenievodstve [Cost as a tool for regulating efficiency in crop production]. *Innovatsii v APK: problemy i perspektivy = Innovations in Agricultural Complex: problems and perspectives*. 2020;4(28):213-218. (In Russ.).
2. Karamnova N.V. Upravlencheskoe vozdejstvie na ustojchivoe razvitie agrarnogo sektora ekonomiki [Management impact on sustainable development of agrarian sector of economy]. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2019;3(58):123-127. (In Russ.).

3. Myagkova E.A., Osipovich E.M. Metodicheskie podkhody k formirovaniyu prognozov ustojchivogo razvitiya sel'skogo khozyajstva [Methodological approaches to the formation of forecasts of sustainable development of agriculture]. *Sovremennye problemy, tendentsii i perspektivy social'no-ekonomicheskogo razvitiya: sbornik statej IX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferentsii Instituta ekonomiki i upravleniya Surgutskogo GU (Surgut, 12 noyabrya 2019 g.)* [Modern problems, trends and prospects of socio-economic development: Collection of articles of the IX International Scientific and Practical Conference of the Institute of Economics and Management of Surgut State University (Surgut, November 12, 2019)]. Surgut: Publishing Center of Surgut State University; 2020:330-334. (In Russ.).

4. Myagkova E.A., Osipovich E.M., Selyanko D.V. Metodicheskie podkhody k formirovaniyu prognozov ustojchivogo razvitiya sel'skogo khozyajstva [Methodological approaches to the formation of forecasts of sustainable development of agriculture]. *Nauka i Obrazovanie = Science and Education*. 2020;3(3):99. (In Russ.).

5. Smagin B.I. Effektivnost' i optimizatsiya funkcionirovaniya agrarnoj sfery proizvodstva [Efficiency and optimization of functioning of agrarian sphere of production]. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2019;4(59):141-147. (In Russ.).

6. Popova V.B. Osobennosti dinamiki sel'skokhozyajstvennogo proizvodstva v razlichnykh kategoriyakh hoz'yajstv Tambovskoj oblasti [Features of the dynamics of agricultural production in various categories of farms of Tambov Oblast]. *Aktual'nye problemy i perspektivy razvitiya sel'skogo khozyajstva i sel'skikh territorij (III Shalyapinskie chteniya): materialy Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoj konferentsii (Michurinsk, 26 noyabrya 2020 g.)* [Actual problems and prospects for the development of agriculture and rural territories (III Chaliapin readings): Proceedings of the All-Russian (National) Scientific and Practical Conference (Michurinsk, November 26, 2020)]. Michurinsk-naukograd: Michurinsk State Agrarian University; 2020:241-245. (In Russ.).

7. Akindinov V.V., Loseva A.S., Popova V.B., Fetsovich I.V. Forecasting as method of internal control of production activities in agricultural organizations. *European Proceedings of Social and Behavioural Sciences: Proceedings of the Conference on Land Economy and Rural Studies Essentials (LEASECON 2021) (Omsk, May 10-11, 2021)*. Omsk: European Publisher; 2022:90-96.

8. Karamnova N.V., Belousov V.M., Zhidkov S.A. Assessing the effectiveness of the integration processes development in the agro-industrial complex. *European Proceedings of Social and Behavioural Sciences: Proceedings of the Conference on Land Economy and Rural Studies Essentials (LEASECON 2021) (Omsk, May 10-11, 2021)*. Omsk: European Publisher; 2022:343-348.

9. Kuzicheva N.Yu., Zhidkov S.A., Karamnova N.V., Aparin A.V. Improvement of the analytical apparatus of economic evaluation of agricultural land reproduction. *European Proceedings of Social and Behavioural Sciences: Proceedings of the Conference on Land Economy and Rural Studies Essentials (LEASECON 2021) (Omsk, May 10-11, 2021)*. Omsk: European Publisher; 2022:362-368.

10. Nikitin A.V., Klimentova E.A., Dubovitski A.A. Impact of small business innovation activity on regional economic growth in Russia. *Revista Inclusiones*. 2020;7(S4-3):309-321.

#### **Информация об авторах**

В.А. Солопов – доктор экономических наук, профессор кафедры экономики и коммерции ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», solopov@mgau.ru.

О.Ю. Анциферова – доктор экономических наук, профессор кафедры управления и делового администрирования ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», anciferova-olga-70@mail.ru.

В.В. Акиндинов – кандидат экономических наук, доцент кафедры финансов и бухгалтерского учета ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», t34ert@mail.ru.

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

V.A. Solopov, Doctor of Economic Sciences, Professor, the Dept. of Economics and Commerce, Michurinsk State Agrarian University, solopov@mgau.ru.

O.Yu. Antsiferova, Doctor of Economic Sciences, Professor, the Dept. of Management and Business Administration, Michurinsk State Agrarian University, anciferova-olga-70@mail.ru.

V.V. Akindinov, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Finance and Accounting, Michurinsk State Agrarian University, t34ert@mail.ru.

**Статья поступила в редакцию 16.05.2022; одобрена после рецензирования 22.06.2022; принята к публикации 28.06.2022.**

**The article was submitted 16.05.2022; approved after revision 22.06.2022; accepted for publication 28.06.2022.**

© Солопов В.А., Анциферова О.Ю., Акиндинов В.В., 2022

## **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 – Агибалов 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.

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 – Стекольниковна 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;
- аннотация на русском языке объемом от 200 до 250 слов (не более 2000 знаков с пробелами), которая представляет собой краткое, точное изложение статьи в соответствии с ее структурой (предмет, цель работы, метод и методология проведения работы, результаты и область их применения, выводы). Аннотация не разбивается на абзацы, содержит фактографию и обоснованные выводы;
- ключевые слова на русском языке (5–7 слов или словосочетаний).

Далее приводится следующая информация на английском языке:

- название статьи;
- имя, отчество, фамилия автора / авторов (по каждому автору с новой строки);
- полное название организации, где работает (-ют) или учится (-атся) автор (-ы);
- аннотация (непроверенные машинные переводы рефератов не принимаются);
- ключевые слова.

Текст предлагаемых к публикации материалов рекомендуется структурировать, приводя соответствующий раздел либо без названия подзаголовка, либо используя следующие подзаголовки: введение, методика эксперимента, результаты и их обсуждение, выводы (заключение).

Каждая публикация должна иметь библиографический список, оформленный в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 (с изменениями), содержащий не менее 10 библиографических записей, сгруппированных в алфавитном порядке, самоцитирование – не более 20% списка. На каждый источник должна быть ссылка в тексте.

В конце статьи приводятся сведения об авторе (-ах) и принадлежность к организации на русском и английском языках (Information about the authors): имя, отчество и фамилия, ученая степень, ученое звание, должность, полное название места работы или учебы (с указанием кафедры или подразделения организации или учреждения), а также полный почтовый адрес и контактная информация (телефон, e-mail). Информация о каждом авторе приводится с нового абзаца на русском и английском языках (пример оформления приведен на сайте журнала).

Материалы представляются в электронном виде, подготовленном в редакторе MS Word 2010. Текст статьи должен быть набран с абзачным отступом 1,25 см, кегль 12, через одинарный интервал, выравниванием по ширине и иметь следующий размер полей: левое, правое, верхнее, нижнее – 2,5 см (формат А4). Рисунки (графический материал) должны быть выполнены в форме jpg или tif с разрешением не менее 200 dpi, обеспечивать ясность передачи всех деталей (только черно-белое исполнение). Таблицы являются частью текста и не должны создаваться как графические объекты. Полутонные фотографии могут использоваться только при крайней необходимости. Таблицы, рисунки, а также уравнения нумеруются в порядке их упоминания в тексте.

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

***Статьи рецензируются.***

Редакторы **А.В. Квасникова, С.А. Дубова**  
Компьютерная верстка **Е.В. Корнова**

Дата выхода в свет 20.07.2022 г.

Подписано в печать 30.06.2022 г. Формат 60x84<sup>1/8</sup>  
Бумага офсетная. Объем 22,62 п.л. Гарнитура Times New Roman.  
Тираж 1100 экз. Заказ № 23301  
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

